

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-82390

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月31日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 4 C 18/356			F 0 4 C 18/356	W
				P
C 2 3 C 16/26			C 2 3 C 16/26	
			16/50	
F 0 4 C 29/00			F 0 4 C 29/00	U
審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 13 頁)				

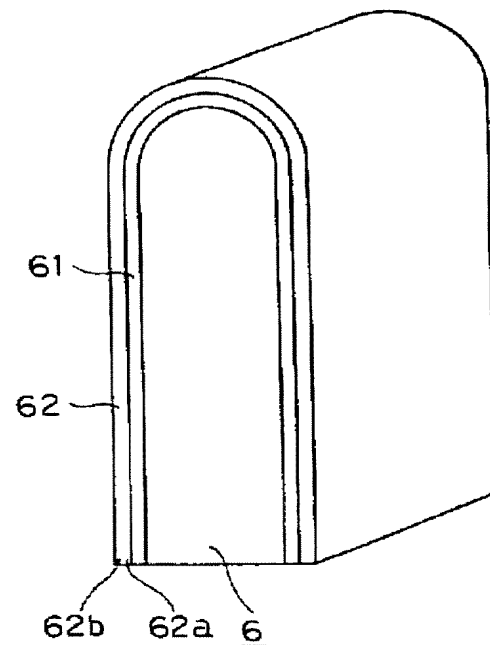
(21) 出願番号	特願平9-174276	(71) 出願人	000001889 三洋電機株式会社 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(22) 出願日	平成9年(1997) 6月30日	(72) 発明者	平野 均 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三 洋電機株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平8-189627	(72) 発明者	藤本 慶一 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三 洋電機株式会社内
(32) 優先日	平8(1996) 7月18日	(72) 発明者	堂本 洋一 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三 洋電機株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 目次 誠 (外1名) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摺動部材、圧縮機及び回転圧縮機

(57) 【要約】

【課題】 耐摩耗性に優れ、かつ長期間安定して使用することができる摺動部材、並びに該摺動部材を用いた圧縮機及び回転圧縮機を得る。

【解決手段】 ベーン等の摺動部材本体6の上に、中間層61を介して、または直接に硬質炭素被膜62を設け、摺動部材本体6の表面近傍、または中間層61の表面近傍に、摺動部材本体6の構成元素または中間層61の構成元素と炭素との混合層を形成し、該混合層の表面に近い部分の炭素濃度が、表面から離れた部分より高い濃度となる炭素濃度の傾斜を該混合層が有していることを特徴としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 摺動表面を有する摺動部材本体と、  
前記摺動表面上に設けられる硬質炭素被膜と、  
前記摺動表面近傍の前記摺動部材本体内の領域に形成される、前記摺動表面近傍の前記摺動部材本体の構成元素と炭素との混合層とを備え、  
前記混合層は、前記混合層の表面に近い部分の炭素濃度が表面から離れた部分より高い濃度となる炭素濃度の傾斜を有する摺動部材。

【請求項2】 前記混合層が、前記摺動部材本体の前記摺動表面近傍の領域への炭素の導入によって形成される請求項1に記載の摺動部材。

【請求項3】 摺動表面を有する摺動部材本体と、  
前記摺動表面上に設けられる中間層と、  
前記中間層の上に設けられる硬質炭素被膜と、  
前記中間層の表面近傍の前記中間層内の領域に形成される、前記中間層の構成元素と炭素との混合層とを備え、  
前記混合層は、前記混合層の表面に近い部分の炭素濃度が表面から離れた部分より高い濃度となる炭素濃度の傾斜を有する摺動部材。

【請求項4】 前記混合層が、前記中間層の表面近傍の領域への炭素の導入によって形成される請求項3に記載の摺動部材。

【請求項5】 前記中間層が、Si、Ti、Zr、Ge、Ru、Mo、Wまたはこれらの酸化物、これらの窒化物、もしくはこれらの炭化物から形成されている請求項3または4に記載の摺動部材。

【請求項6】 前記混合層の厚みが5 Å以上である請求項1～5のいずれか1項に記載の摺動部材。

【請求項7】 前記混合層中で炭素濃度が最も高い高濃度部分の炭素濃度が20原子%以上である請求項1～6のいずれか1項に記載の摺動部材。

【請求項8】 前記高濃度部分が前記混合層の表面から混合層の厚みの50%以内までの領域内に存在している請求項7に記載の摺動部材。

【請求項9】 前記硬質炭素被膜が水素を含有しており、前記硬質炭素被膜の表面から離れた部分の水素濃度が表面に近い部分よりも高くなるような水素濃度の傾斜を有している請求項1～8のいずれか1項に記載の摺動部材。

【請求項10】 前記硬質炭素被膜が、Si、N、Ta、Cr、F、及びBからなるグループより選ばれる少なくとも1種の添加元素を含有している請求項1～9のいずれか1項に記載の摺動部材。

【請求項11】 前記硬質炭素被膜は、前記硬質炭素被膜の表面に近い部分の添加元素濃度が表面から離れた部分よりも高くなるような添加元素濃度の傾斜を有している請求項10に記載の摺動部材。

【請求項12】 前記硬質炭素被膜は、ダイヤモンド薄膜、ダイヤモンド構造と非晶質炭素構造との混合膜、ま

たは非晶質炭素薄膜から構成されている請求項1～11のいずれか1項に記載の摺動部材。

【請求項13】 請求項1～12のいずれか1項に記載の摺動部材を備える圧縮機。

【請求項14】 回転するクランク軸の偏心部に取り付けられた、外周面を有するローラと、  
前記ローラを収納し、前記ローラの外周面に接して摺動する摺動面を内面に有するシリンダと、  
前記シリンダの内面に形成された溝内に収納され、先端部が前記ローラの外周面に接して摺動するペーンとを備え、

前記ペーンが請求項1～12のいずれか1項に記載の摺動部材であり、前記ペーンの少なくとも先端部または側面部が前記摺動表面である回転圧縮機。

【請求項15】 回転するクランク軸の偏心部に取り付けられた、外周面を有するローラと、  
前記ローラを収納し、前記ローラの外周面に接して摺動する摺動面を内面に有するシリンダと、  
前記シリンダの内面に形成された溝内に収納され、先端部が前記ローラの外周面に接して摺動するペーンとを備え、

前記ローラが請求項1～12のいずれか1項に記載の摺動部材であり、前記ローラの外周面が前記摺動表面である回転圧縮機。

【請求項16】 回転するクランク軸の偏心部に取り付けられた、外周面を有するローラと、  
前記ローラを収納し、前記ローラの外周面に接して摺動する摺動面を内面に有するシリンダと、  
前記シリンダの内面に形成された溝内に収納され、先端部が前記ローラの外周面に接して摺動するペーンとを備え、  
前記シリンダが請求項1～12のいずれか1項に記載の摺動部材であり、前記シリンダの溝の内面が前記摺動表面である回転圧縮機。

【請求項17】 回転するクランク軸の偏心部に取り付けられた、外周面を有するローラと、  
前記ローラを収納し、前記ローラの外周面に接して摺動する摺動面を内面に有するシリンダと、  
前記シリンダの内面に形成された溝内に収納され、先端部が前記ローラの外周面に接して摺動するペーンとを備え、

前記ペーンの少なくとも先端部または側面部に硬質炭素被膜が形成されている回転圧縮機。

【請求項18】 回転するクランク軸の偏心部に取り付けられた、外周面を有するローラと、  
前記ローラを収納し、前記ローラの外周面に接して摺動する摺動面を内面に有するシリンダと、  
前記シリンダの内面に形成された溝内に収納され、先端部が前記ローラの外周面に接して摺動するペーンとを備え、

前記ローラの外周面に硬質炭素被膜が形成されている回転圧縮機。

【請求項19】 回転するクランク軸の偏心部に取り付けられた、外周面を有するローラと、前記ローラを収納し、前記ローラの外周面に接して摺動する摺動面を内面に有するシリンダと、前記シリンダの内面に形成された溝内に収納され、先端部が前記ローラの外周面に接して摺動するペーンとを備え、前記シリンダの溝の内面に硬質炭素被膜が形成されている回転圧縮機。

【請求項20】 前記硬質炭素被膜が水素を含有しており、前記硬質炭素被膜の表面から離れた部分の水素濃度が表面に近い部分よりも高くなるような水素濃度の傾斜を有している請求項17～19のいずれか1項に記載の摺動部材。

【請求項21】 前記硬質炭素被膜と、前記ペーン、前記ローラの外周面、または前記シリンダの溝の内面との間に中間層が形成されている請求項17～20のいずれか1項に記載の回転圧縮機。

【請求項22】 前記中間層が、Si、Ti、Zr、Ge、Ru、Mo、Wまたはこれらの酸化物、これらの窒化物、もしくはこれらの炭化物から形成されている請求項21に記載の回転圧縮機。

【請求項23】 前記硬質炭素被膜が、Si、N、Ta、Cr、F、及びBからなるグループより選ばれる少なくとも1種の添加元素を含有している請求項17～22のいずれか1項に記載の回転圧縮機。

【請求項24】 前記硬質炭素被膜は、前記硬質炭素被膜の表面に近い部分の添加元素濃度が表面から離れた部分よりも高くなるような添加元素濃度の傾斜を有している請求項23に記載の回転圧縮機。

【請求項25】 前記硬質炭素被膜は、ダイヤモンド薄膜、ダイヤモンド構造と非晶質炭素構造との混合膜、または非晶質炭素薄膜から構成されている請求項17～24のいずれか1項に記載の回転圧縮機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、摺動部材、及び該摺動部材を用いる圧縮機並びに回転圧縮機に関するものである。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】近年、冷凍冷蔵設備、空調装置等に用いられる回転圧縮機は、高性能化、高能力化に伴い使用条件が厳しくなっている。

【0003】回転圧縮機においては、ペーン先端部と相手材であるローラ外周の摺動部とは常時圧接しており、このため、ペーン及びローラが収納された円筒状シリンダの内部にはスラッジが発生した。このため、冷凍回

路、具体的にはキャピラリチューブにスラッジが詰まり、冷凍能力が低下するという問題があった。

【0004】さらに、最悪の場合にはキャピラリチューブを介しての冷媒の供給が不可能となって、回転圧縮機に致命的な損傷を与えることがあった。従って、従来より、圧縮機及び回転圧縮機などの摺動部材として、スラッジの発生が少なく、耐摩耗性に優れ、かつ長期間安定して使用することができる摺動部材が望まれている。

【0005】本発明の目的は、耐摩耗性に優れ、かつ長期間安定して使用することができる摺動部材、並びに該摺動部材を用いた圧縮機及び回転圧縮機を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の局面に従う摺動部材は、摺動表面を有する摺動部材本体と、摺動表面上に設けられる硬質炭素被膜と、摺動表面近傍の摺動部材本体内の領域に形成される、摺動表面近傍の摺動部材本体の構成元素と炭素との混合層とを備える摺動部材であり、混合層が、混合層の表面に近い部分の炭素濃度が表面から離れた部分より高い濃度となる炭素濃度の傾斜を有することを特徴としている。

【0007】第1の局面に従う好ましい実施形態においては、混合層は、摺動部材本体の摺動表面近傍の領域への炭素の導入によって形成される。第1の局面に従う摺動部材は、摺動表面上に硬質炭素被膜が設けられているので、優れた耐摩耗性を示す。また、摺動部材本体の摺動表面近傍には、混合層が形成されているので、硬質炭素被膜の摺動部材本体に対する密着性が良好であり、剥離することなく長期間安定して使用することができる。

【0008】本発明の第2の局面に従う摺動部材は、摺動表面を有する摺動部材本体と、摺動表面上に設けられる中間層と、中間層の上に設けられる硬質炭素被膜と、中間層の表面近傍の中間層内の領域に形成される、中間層の構成元素と炭素との混合層とを備える摺動部材であり、混合層が、混合層の表面に近い部分の炭素濃度が表面から離れた部分より高い濃度となる炭素濃度の傾斜を有することを特徴としている。

【0009】第2の局面に従う好ましい実施形態においては、混合層は、中間層の表面近傍の領域への炭素の導入によって形成される。中間層としては、例えば、Si、Ti、Zr、Ge、Ru、Mo、Wまたはこれらの酸化物、これらの窒化物、もしくはこれらの炭化物から形成される。

【0010】第2の局面に従う摺動部材は、摺動表面上に中間層を介して硬質炭素被膜が設けられているので、優れた耐摩耗性を示す。硬質炭素被膜と摺動部材本体との間には中間層が形成されているので、硬質炭素被膜の摺動部材本体に対する密着性が改善され、さらに中間層の表面近傍には混合層が形成されているので、さらに硬質炭素被膜の密着性が高められている。

【0011】以下、本発明の第1の局面及び第2の局面に共通の事項について、「本発明」として説明する。本発明において、混合層は、摺動部材本体の摺動表面近傍または中間層の表面近傍に形成されるが、その厚みは5 Å以上であることが好ましく、さらに好ましくは、5 Å～1 μm、さらに好ましくは10 Å～200 Åである。混合層の厚みが薄すぎると、密着性向上の効果が十分に得られない場合がある。また、混合層の厚みが1 μmを超えても、厚みに比例した密着性向上の効果が得られない。

【0012】本発明において、混合層は、混合層の表面に近い部分の炭素濃度が、表面から離れた部分の炭素濃度よりも高くなるような炭素濃度の傾斜を有する。従って、混合層中において、炭素濃度が最も高い高濃度部分が存在しており、このような高濃度部分は、混合層の表面または混合層の表面から混合層の厚みの50%以内までの領域内に存在していることが好ましい。また、このような混合層中の高濃度部分の炭素濃度は20原子%以上であることが好ましく、さらに好ましくは40原子%以上である。

【0013】上述のように、混合層は、摺動部材本体の表面近傍の領域、あるいは中間層の表面近傍の領域に炭素を導入することにより形成されることが好ましい。このような炭素の導入は、例えば、炭素イオンなどの炭素の活性種に運動エネルギーを付与し摺動部材本体の表面または中間層の表面に衝突させることにより実現することができる。具体的には、基板に負の自己バイアス電圧を印加した状態で、炭素イオン等を表面に衝突させる方法により実現することができる。

【0014】本発明における硬質炭素被膜は、ダイヤモンド薄膜、ダイヤモンド構造と非晶質炭素構造との混合膜、または非晶質炭素薄膜から構成することができる。混合膜及び非晶質炭素薄膜は、いわゆるダイヤモンド状炭素被膜である。ダイヤモンド状炭素被膜は、一般的に水素を含有している。ダイヤモンド状炭素被膜において、水素含有量が少ないと、硬度が高くなり、耐摩耗性が向上する。また水素含有量が多くなると、内部応力が低くなり、下地との密着性が向上する。従って、本発明においては、硬質炭素被膜の表面から離れた部分の水素濃度が、表面に近い部分よりも高くなるような水素濃度の傾斜を有していることが好ましい。このような水素濃度の傾斜を有することにより、耐摩耗性に優れ、かつ下地との密着性のよい硬質炭素被膜を形成することができる。

【0015】本発明において、硬質炭素被膜は、Si、N、Ta、Cr、F、及びBからなるグループより選ばれる少なくとも1種の添加元素を含有していてもよい。このような添加元素の含有により、硬質炭素被膜の摩擦係数が低下し、耐摩耗性が向上する。このような添加元素の含有量としては、3～60原子%が好ましく、さら

に好ましくは、10～50原子%である。また、このような添加元素は、炭素被膜の表面に近い部分の濃度が、表面から離れた部分よりも高くなるような濃度傾斜を有していることが好ましい。このような濃度傾斜を有することにより、炭素被膜表面に近い部分の摩擦係数が低くなり、より有効に耐摩耗性を向上させることができる。

【0016】本発明の圧縮機は、上記本発明の摺動部材を備えることを特徴としている。例えば、シリンダとピストンからなる往復式の圧縮機の場合には、内周面を摺動表面としたシリンダ及び、外周面を摺動表面としたピストンに本発明を適用することができる。第1の局面に従えば、シリンダの内周面の上に硬質炭素被膜が設けられ、シリンダの内周面の表面近傍に混合層が形成される。また、ピストンの外周面の上に硬質炭素被膜が形成され、ピストンの外周面近傍に混合層が形成される。第2の局面に従えば、シリンダの内周面の上に中間層が設けられ、この中間層の表面近傍に混合層が形成され、中間層の上には硬質炭素被膜が設けられる。ピストンの場合には、ピストンの外周面の上に中間層が設けられ、この中間層の表面近傍に混合層が形成され、中間層の上に硬質炭素被膜が設けられる。

【0017】本発明の回転圧縮機は、上記本発明の摺動部材を備える回転圧縮機である。本発明の回転圧縮機の具体的な実施形態においては、回転するクランク軸の偏心部に取り付けられた、外周面を有するローラと、ローラを収納し、ローラの外周面に接して摺動する摺動面を内面に有するシリンダと、シリンダの内面に形成された溝内に収納され、先端部がローラの外周面に接して摺動するペーンとを備えている。

【0018】本発明の回転圧縮機の一実施形態においては、ペーンが本発明の摺動部材であり、ペーンの少なくとも先端部または側面部が摺動表面である。従って、第1の局面においては、ペーンの少なくとも先端部または側面部の上に硬質炭素被膜が設けられ、ペーンの少なくとも先端部または側面部の表面近傍に混合層が形成される。第2の局面においては、ペーンの少なくとも先端部または側面部の上に中間層が設けられ、この中間層の上に硬質炭素被膜が設けられ、中間層の表面近傍に混合層が形成される。

【0019】本発明の回転圧縮機の実施形態においては、ローラが本発明の摺動部材であり、ローラの外周面が摺動表面である。従って、第1の局面においては、ローラの外周面上に硬質炭素被膜が設けられ、ローラの外周面の近傍に混合層が形成される。第2の局面においては、ローラの外周面上に中間層が設けられ、この中間層の上に硬質炭素被膜が設けられ、中間層の表面近傍に混合層が形成される。

【0020】本発明の回転圧縮機のさらに他の実施形態においては、シリンダが本発明の摺動部材であり、シリンダの溝の内面が摺動表面である。従って、第1の局面

においては、シリンダの溝の内面の上に硬質炭素被膜が設けられ、シリンダの溝の内面近傍に混合層が形成される。第2の局面においては、シリンダの溝の内面の上に中間層が設けられ、この中間層の上に硬質炭素被膜が設けられ、中間層の表面近傍に混合層が形成される。

【0021】本発明の第3の局面に従う回転圧縮機は、ローラと、シリンダと、ペーンとを備え、ペーンの少なくとも先端部または側面部、ローラの外周面、またはシリンダの溝の内面の上に、硬質炭素被膜が形成される。

【0022】第3の局面においては、硬質炭素被膜、ペーン、ローラの外周面、またはシリンダの溝の内面との間に中間層が形成されてもよい。このような中間層としては、上記第2の局面において用いられる中間層を用いることができる。

【0023】第3の局面においても、硬質炭素被膜は水素を含有してもよく、硬質炭素被膜の表面から離れた部分の水素濃度が、表面に近い部分より高くなるような水素濃度の傾斜を有していることが好ましい。

【0024】第3の局面においても、硬質炭素被膜は、Si、N、Ta、Cr、F、及びBからなるグループより選ばれる少なくとも1種の添加元素を含有していてもよく、硬質炭素被膜の表面に近い部分の添加元素濃度が、表面から離れた部分よりも高くなるような添加元素濃度の傾斜を有していることが好ましい。

【0025】本発明において、摺動部材本体の材質は、特に限定されるものではないが、例えば、鉄系合金、鋳鉄（モノクロ鋳鉄）、鋼（高速度工具鋼）、アルミニウム合金、カーボン（アルミニウム含浸カーボン）、セラミックス（Ti、Al、Zr、Si、W、Moの酸化物、窒化物、炭化物）、Ni合金、ステンレス鋼などが挙げられる。

【0026】

【発明の実施の形態】図8は、回転圧縮機の一般的な構造を示す概略断面図である。図8において、1は密閉容器、2は図示しない電動機によって駆動されるクランク軸、3はクランク軸2の偏心部に取り付けられたローラであり、このローラ3はモノクロ鋳鉄から構成されている。

【0027】4はローラ3を収納した円筒状シリンダであり、このシリンダ4は鋳鉄から構成されている。5は後述するペーン6が往復運動するために設けられたシリンダ溝、6は円筒状シリンダ4内の空間を高圧部と低圧部に仕切るためのペーンであり、このペーン6は高速度工具鋼（SKH51）から構成されている。

【0028】7はペーン6をローラ3側に付勢するためのバネである。8は円筒状シリンダ4内へ冷媒を供給する吸入管、9は円筒状シリンダ4内部で圧縮され圧力及び温度が上昇した冷媒を圧縮機外部に吐出する吐出管である。

【0029】上述のように構成された回転圧縮機の動作

説明を以下に行う。電動機によって、クランク軸2が駆動され、クランク軸2の偏心部に取り付けられたローラ3は、円筒状シリンダ4内を円周に沿って回転する。ペーン6は高圧ガス、及びバネ7の付勢を受けているため、このローラ3の回転に伴ってペーン6は、ローラ3の外周面と常時接触しながら、シリンダ溝5内を往復運動する。

【0030】この運動を連続的に繰り返すことによって、円筒状シリンダ4内へ吸入管8を介して吸い込まれた冷媒が、円筒状シリンダ4内部で圧縮され、圧力及び温度が上昇した後、吐出管9を介して回転圧縮機外部に吐出される。

【0031】図1は、本発明の回転圧縮機に用いられる、硬質炭素被膜を形成したペーン6の概略断面図である。尚、本発明の実施の形態における硬質炭素被膜は、ダイヤモンド薄膜、ダイヤモンド構造と非晶質炭素構造との混合薄膜、或るいは非晶質炭素薄膜である。

【0032】また、中間層はSi、Ti、Zr、Ge、Ru、Mo、W或るいはこれらの酸化物、これらの窒化物、もしくはこれらの炭化物である。図1に示す実施の形態では、ペーン6上にSiからなる中間層61が形成され、この中間層61上に硬質炭素被膜62が形成されている。硬質炭素被膜62はペーン6上に密着性の良好な被膜組成とされている。

【0033】更に好ましくは硬質炭素被膜62が界面近傍62aから被膜層62b表面に向けて、連続的に水素濃度が低くなるように傾斜機能構造を有するように構成されている。

【0034】このようにして、水素濃度が界面近傍62a側において高くされているため、中間層61に接する側の内部応力や膜硬度が小さく、この結果、硬質炭素被膜62は剥離が生じにくくなっている。

【0035】また、本発明における厚み方向に傾斜機能構造を有する硬質炭素被膜62は、厚み方向に連続的に水素濃度が変化しているものに限定されず、水素濃度が相対的に低い層と水素濃度が高い層とを有するように階段状に水素濃度が変化して傾斜機能構造が設けられてもよい。

【0036】図2は、本発明の回転圧縮機に用いられる、硬質炭素被膜を形成したローラ3の概略断面図である。図2は、本発明に従う硬質炭素被膜の一実施の形態を示す断面図である。

【0037】図2に示す実施の形態では、ローラ3上にSiからなる中間層31が形成され、この中間層31上に硬質炭素被膜32が形成されている。硬質炭素被膜32はローラ3上に密着性の良好な被膜組成とされている。

【0038】更に好ましくは硬質炭素被膜32が界面近傍32aから被膜層32b表面に向けて、連続的に水素濃度が低くなるように傾斜機能構造を有するように構成

されている。

【0039】このようにして、水素濃度が界面近傍32a側において高くされているため、中間層31に接する側の内部応力や膜硬度が小さく、この結果、硬質炭素被膜32は剥離が生じにくくなっている。

【0040】また、本発明における厚み方向に傾斜機能構造を有する硬質炭素被膜32は、厚み方向に連続的に水素濃度が変化しているものに限定されず、水素濃度が相対的に低い層と水素濃度が高い層とを有するように階段状に水素濃度が変化して傾斜機能構造が設けられてもよい。

【0041】図3は、本発明の回転圧縮機に用いられる、硬質炭素被膜を形成したシリンダ溝5の拡大断面図である。図3は、本発明に従う硬質炭素被膜の一実施の形態を示す断面図である。

【0042】図3に示す実施の形態では、シリンダ溝5上にSiからなる中間層51が形成され、この中間層51上に硬質炭素被膜52が形成されている。硬質炭素被膜52はシリンダ溝5上に密着性の良好な被膜組成とされている。

【0043】更に好ましくは硬質炭素被膜52が界面近傍52aから被膜層52b表面に向けて、連続的に水素濃度が低くなるように傾斜機能構造を有するように構成されている。

【0044】このようにして、水素濃度が界面近傍52a側において高くされているため、中間層51に接する側の内部応力や膜硬度が小さく、この結果、硬質炭素被膜52は剥離が生じにくくなっている。

【0045】また、本発明における厚み方向に傾斜機能構造を有する硬質炭素被膜52は、厚み方向に連続的に水素濃度が変化しているものに限定されず、水素濃度が相対的に低い層と水素濃度が高い層とを有するように階段状に水素濃度が変化して傾斜機能構造が設けられてもよい。

【0046】図4は、本発明において、硬質炭素被膜を形成することができるECRプラズマCVD装置の一例を示す概略断面図である。図4を参照して、真空チャンバ108の内部には、プラズマ発生室104と、基板113が設置される反応室が設けられている。プラズマ発生室104には、導波管102の一端が取り付けられており、導波管102の他端には、マイクロ波供給手段101が設けられている。

【0047】マイクロ波供給手段101で発生したマイクロ波は、導波管102及びマイクロ波導入窓103を通して、プラズマ発生室104に導かれる。プラズマ発生室104には、プラズマ発生室104内にアルゴン

(Ar)ガス等の放電ガスを導入させるための放電ガス導入管105が設けられている。また、プラズマ発生室104の周囲には、プラズマ磁界発生装置106が設けられている。

【0048】真空チャンバ108内の反応室には、ドラム状のホルダー112が、図4の紙面に垂直な回転軸のまわりを回転自在となるように設置されており、該ホルダー112には、図示省略するモータが連結されている。

【0049】ホルダー112の外周面には、複数（本実施例では24個）のペーン等の基材113が等しい間隔で装着されている。ホルダー112には、高周波電源110が接続されている。

【0050】ホルダー112の周囲には、金属製の筒状のシールドカバー114がホルダー112から約5mmの距離隔てて設けられている。このシールドカバー114は、接地電極に接続されている。このシールドカバー114は、被膜を形成するときに、ホルダー112に印加される高周波(RF)電圧によって被膜形成箇所以外のホルダー112と真空チャンバ108との間の放電が発生するのを防止するために設けられている。

【0051】シールドカバー114には、開口部115が形成されている。この開口部115を通して、プラズマ発生室104から引き出されたプラズマが、ホルダー112に装着された基材113に放射されるようになっている。真空チャンバ108内には、反応ガス導入管116が設けられている。この反応ガス導入管116の先端は、開口部115の上方に位置する。

【0052】尚、ローラ3の外周面に硬質炭素被膜32を形成する場合には、回転ドラムを用いずに、高周波電源110をローラ3に接続し、またシールドカバー114はこのローラ3から約5mm隔てて設けられるような構造としており、このシールドカバー114は、接地電極に接続されている。

【0053】上記の被膜形成装置を用いてペーン6上に、図1に示すような硬質炭素被膜を形成する実施の形態について以下具体的に説明する。まず、真空チャンバ108内を $10^{-5}$ ~ $10^{-7}$ Torrに排気して、ペーンホルダー112を約10rpmの速度で回転させる。

【0054】次に、放電ガス導入管105からArガスを $5.7 \times 10^{-4}$ Torrで供給するとともに、マイクロ波供給手段101から2.45GHz、100Wのマイクロ波を供給して、プラズマ発生室104内に形成されたArプラズマをペーン6の表面に放射する。

【0055】これと同時に、反応ガス管116からCH<sub>4</sub>ガスを $1.3 \times 10^{-3}$ Torrで供給しながら、高周波電源110から13.56MHzのRF電力をペーンホルダー112に印加する。このペーンホルダー112へのRF電力の印加を、図5に示すように、基板に発生する自己バイアス電圧が成膜初期に置いて0Vであり、成膜終了時の15分後において-50VとなるようにRF電力を調整して印加した。

【0056】以上の工程により、ペーン6上に、膜厚5000Åの硬質炭素被膜を形成した。図6は、ペーンホ

## 11

ルダに発生する自己バイアス電圧と、該自己バイアス電圧のときに形成される硬質炭素被膜の硬度、内部応力、及び水素濃度との関係を示す図である。

【0057】これらの測定値は、図4に示す装置に置いて、ペーンホルダーに発生する自己バイアス電圧を一定にした条件で硬質炭素被膜を形成し、得られた硬質炭素被膜の各特性を測定することにより得た数値である。

【0058】図6から明らかなように、自己バイアス電圧が0Vのとき、硬質炭素被膜の硬度は800Hv程度であり、内部応力は5GPa程度であり、水素濃度は60%である。

【0059】更に、自己バイアス電圧が-50Vのときには、硬度は3000Hv程度であり、内部応力は6.5GPa程度であり、水素濃度は35%である。従って、被膜形成の進行とともに、自己バイアス電圧を0から-50Vに変化させた上記実施の形態の硬質炭素被膜においては、図6に示すような各特性の変化がその厚み方向で生じているものと考えられる。

【0060】従って、中間層61と硬質炭素被膜62との界面近傍62aにおいては、硬度は小さいが内部応力も小さい組成となっており、ペーン6に対する密着性が優れた組成となっていることがわかる。

【0061】また、被膜表面近傍62bでは、硬度等が高くなっており、硬質炭素被膜として所望される硬度を有した組成となっていることがわかる。ここで、本発明の回転圧縮機に用いるペーン6に硬質炭素被膜62を形成した。被膜の形成条件は自己バイアス電圧以外の条件は上述の実施の形態と同様にして行った。

【0062】自己バイアス電圧は、図7に示すように、成膜開始から5分後までの5分間を0Vとし、その後の15分後までの間の10分間は-50Vとなるようにした。この結果、ペーン6上には膜厚5000Å、硬度3000Hvの硬質炭素被膜が形成される。

【0063】また、比較として、ペーンホルダーに発生する自己バイアス電圧を被膜形成の間、0Vと一定にし、それ以外は上述の実施の形態と同様の条件で硬質炭素被膜を形成した。この結果、ペーン6上には膜厚5000Å、硬度800Hvの硬質炭素被膜が形成された。

【0064】硬質炭素被膜について、密着性の評価試験を行った。密着性の評価は、ピッカース圧子を用いた一定荷重（荷重=1kg）の押し込み試験により行った。サンプル数を50個とし、ペーン6上の硬質炭素被膜62に剥離が発生した個数を数えて評価した。評価した硬質炭素被膜は、ペーン6の上にSiからなる中間層61（膜厚100Å）を形成した後、図5に示すように自己バイアスを0Vから-50Vまで変化させながら形成した硬質炭素被膜と、Siからなる中間層61を形成せずに、直接ペーン6上に、成膜開始から1分後に-50Vを印加し、薄膜形成終了まで-50Vで一定に印加しながら形成した硬質炭素被膜と、Siの中間層61を形成

## 12

し、成膜開始1分後から自己バイアス電圧-50Vを印加し終了時まで-50Vで一定に印加して形成した硬質炭素被膜である。評価結果を表1に示す。

【0065】

【表1】

	自己バイアス (V)	剥離発生個数 (個)
Siなし	-50	45
Siあり	-50	5
	0~-50	0

【0066】表1から明らかなように、Siからなる中間層61をペーン6上に形成しない場合には、自己バイアス電圧を-50Vにしたとしても、硬質炭素被膜62の剥離発生個数は45個と多く、一方Siからなる中間層61をペーン6上に形成し、自己バイアスを-50Vで中間層61の上に硬質炭素被膜62を形成した場合には、硬質炭素被膜62の剥離発生個数は5個に減少した。

【0067】更に、Siからなる中間層61をペーン6上に形成し、自己バイアスを0~-50Vに変化させながら中間層61の上に硬質炭素被膜62を形成した場合には、硬質炭素被膜62の剥離発生個数は0個となった。

【0068】以上の結果、本発明に従う硬質炭素被膜は、膜硬度が十分に高く、密着性に優れており、これによってペーン6、ローラ3、及びシリンダ溝5の各摺動部におけるスラッジは従来と比較すると、抑制されることがわかる。

【0069】尚、上記実施の形態においては、ECRプラズマCVD装置を用いて硬質炭素被膜を形成したが、本発明の硬質炭素被膜はこのような形成方法に限定されるものではない。

【0070】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、硬度、化学的安定性等を備えた、硬質炭素被膜が形成されたペーン、ローラ、及びシリンダ溝を得ることができ、更にペーン、ローラ、及びシリンダ溝に対する密着性に優れた硬質炭素被膜とすることができるので、回転圧縮機の長時間の駆動であっても、スラッジの発生を抑制することができる。その結果、キャピラリチューブを介して冷媒の供給が不可能となることを防止すると共に、回転圧縮機に致命的な損傷を与えることを防止する効果を奏する。

【0071】図9は、本発明の第1の局面に従う一実施例を示す概略断面図である。摺動部材本体であるペーン6の表面近傍には、混合層63が形成されている。混合層63の上には、硬質炭素被膜64が形成されている。

【0072】図10は、図9に示すペーン6の表面近傍を示す拡大断面図である。図10に示すように、ペーン6の表面近傍のペーン6内の領域に、混合層63が形成

されている。混合層63は、ペーン6の構成元素であるFeと炭素とから形成されている。混合層63の表面に近い部分63bの炭素濃度は、表面から離れた部分63aの炭素濃度より高くなっており、そのような炭素濃度の傾斜を混合層63は有している。このような混合層63は、ペーン6の表面近傍の領域に炭素を導入することにより形成することができる。このような炭素の導入は、例えば、上記のECRプラズマCVDによる被膜形成において、被膜形成初期に、ペーン6に負の自己バイアス電圧を発生させることにより形成することができる。

【0073】混合層63の上には、ダイヤモンド状炭素被膜などの硬質炭素被膜64が形成されている。混合層63の厚みは5Å以上であることが好ましく、さらに好ましくは10~200Åである。

【0074】図4に示す装置を用い、ペーンに発生する自己バイアス電圧を、図11に示すように、被膜形成開始後1分間は-50Vとし、その後一旦0Vとし、被膜形成終了までの間で-50Vとなるようにその絶対値を徐々に大きくして、硬質炭素被膜を形成した。このように被膜形成開始直後の1分間の間-50Vとすることにより、ペーンの表面近傍に混合層を形成させた。この結果、ペーンの上には膜厚5000Å、硬度3000Hvの硬質炭素被膜が形成された。

【0075】得られた硬質炭素被膜について、引っ掻き試験により密着性の評価を行った。ダイヤモンドスタイラスを用い、最大荷重500g、引っ掻き速度100mm/分の条件で、サンプル数50個中、剥離が発生した個数を数えて評価した。剥離個数は、0個であった。

【0076】比較として、ペーンに発生する自己バイアス電圧が、図5に示すように、被膜形成開始初期において0Vであり、被膜形成終了時の15分後に-50VとなるようにRF電力を印加して硬質炭素被膜を形成した。得られた比較の硬質炭素被膜の膜厚は5000Åであり、硬度は3000Hvであったが、剥離個数は10個であった。

【0077】以上の結果から明らかなように、基材であるペーンの表面近傍に有効な厚みの混合層を形成することにより、硬質炭素被膜の基材に対する密着性を向上させることができる。

【0078】図12は、本発明の第1の局面に従う他の実施例を示す概略断面図である。ローラ3の表面近傍には、混合層33が形成されている。混合層33は、図11に示す実施例と同様に、表面に近い部分の炭素濃度が表面から離れた部分より高い濃度となる炭素濃度の傾斜を有している。また、混合層33は、図11に示す実施例と同様にして形成することができる。混合層33の上には、硬質炭素被膜34が形成されている。

【0079】ローラ3の表面近傍に混合層33を形成することにより、硬質炭素被膜34のローラ3に対する密

着性を向上させることができる。図13は、本発明の第1の局面に従うさらに他の実施例を示す概略断面図である。シリンダ溝5の表面近傍には、混合層53が形成されている。混合層53は、図11に示す実施例と同様に表面に近い部分の炭素濃度が表面から離れた部分より高い濃度となる炭素濃度の傾斜を有している。混合層53は、図11に示す実施例と同様にして形成することができる。混合層53の上には硬質炭素被膜54が形成されている。

10 【0080】シリンダ溝5の表面近傍に混合層53を形成することにより、硬質炭素被膜54のシリンダ溝5の表面に対する密着性を向上させることができる。図14は、本発明の第2の局面に従う一実施例を示す概略断面図である。ペーン6の上には中間層65が形成されており、中間層65の表面近傍には混合層66が形成されている。混合層66は、中間層65の構成元素と炭素とから構成されている。中間層65の上には硬質炭素被膜67が形成されている。

20 【0081】図15は、図14に示す実施例のペーンの表面近傍を示す拡大断面図である。図15に示すように、混合層66は、表面に近い部分66bの炭素濃度が、表面から離れた部分66aの炭素濃度より高くなる炭素濃度の傾斜を有している。このような混合層66は、図10に示す混合層63と同様に、中間層65の表面近傍に炭素を導入することにより形成することができる。このような炭素の導入は、例えば、ECRプラズマCVD法において、被膜形成初期において、基材に負の自己バイアス電圧を発生させて炭素イオンを基材の表面に衝突させることにより行うことができる。

30 【0082】混合層66の上には、硬質炭素被膜67が形成されている。混合層66の存在により、硬質炭素被膜67は、中間層65に対し良好な密着性を示す。第2の局面において、混合層の厚みが中間層よりも厚くなる場合には、混合層が中間層のみでなく、その下地である基材の表面近傍にも形成される。

40 【0083】図16は、中間層に形成した混合層中の厚み方向の組成の変化を示す図である。本実施例において、中間層はSiからなる中間層である。成膜初期に、基板に発生する自己バイアス電圧が-50VとなるようにRF電力を基板ホルダーに印加し、それ以外は、上記実施例と同様の条件でSiの中間層の上に硬質炭素被膜を形成した。

50 【0084】図16に示すように、炭素濃度は、表面から50Åの深さの位置でほぼ0になっており、混合層の厚みは約50Åである。混合層中で炭素濃度が最も高い高濃度部分Aは、混合層の表面から混合層の厚みの約35%の位置に存在している。高濃度部分Aの炭素濃度は、約70原子%である。図16に示すように、混合層には、表面に近い部分の炭素濃度が表面から離れた部分より高い濃度となる炭素濃度の傾斜Bが存在している。



高濃度部分Aより表面に近い領域では、表面に近づくにつれて若干炭素濃度が減少する傾斜Cが存在している。このように、混合層内において、表面に近い部分の炭素濃度が、表面から離れた部分より高い濃度となることにより、混合層の上に形成される硬質炭素被膜の密着性が高められる。

【0085】混合層の厚みは、例えば、基板に発生する自己バイアス電圧を変化させることにより制御することができる。例えば、Siの中間層の場合、被膜形成初期における基板に発生する自己バイアス電圧を-1kVとすることにより混合層の厚みを約130Åとすることができる。

【0086】ペーンの上に、厚み100ÅのSiの中間層を形成し、この上に、硬質炭素被膜を形成した。自己バイアス電圧は、図11に示すように成膜過程において変化させた。この結果、膜厚5000Å、硬度3000Hvの硬質炭素被膜が形成された。得られた硬質炭素被膜について、引っ掻き試験により密着性を評価したところ、剥離個数は0個であった。

【0087】次に、添加元素を含有した硬質炭素被膜を形成した。添加元素を含有した硬質炭素被膜は、図17に示す装置を用いて形成した。図17を参照して、シールドカバー114の開口部115と別の位置には、第2の開口部117が形成されている。この第2の開口部117に対応する位置に、ターゲット118が設けられている。このターゲット118にイオンビームを照射することができる位置に、イオンビームガン119が設けられている。その他の構成は、図4に示す装置と同様である。

【0088】ターゲットの材料として、Si、Ta、Cr、及びBを用い、これらの添加元素を含有する硬質炭素被膜を、図17に示す装置で形成した。硬質炭素被膜形成の間、ペーンホルダー112を回転させ、第1の開口部115で炭素を堆積させ、第2の開口部117で添加元素を堆積させることにより、添加元素を含有した硬質炭素被膜を形成した。なお基材としては、Siの中間層（膜厚100Å）を形成したペーンを用いた。

【0089】また、N、あるいはFを含有させる場合には、ターゲット118を用いず、薄膜形成の雰囲気中にN<sub>2</sub>ガス、あるいはCF<sub>4</sub>ガスを加えることにより形成した。具体的には、CH<sub>4</sub>ガスの分圧1.3×10<sup>-3</sup>Torrに対し、N<sub>2</sub>ガスあるいはCF<sub>4</sub>ガスを1.0×10<sup>-3</sup>Torrの分圧となるように供給することにより行った。

【0090】得られた硬質炭素被膜について、表面性測定機により、摩擦係数及び摩耗量を測定した。Si、Ta、及びFについては摩擦係数を測定し、N、Cr、及びBについては摩耗量を測定した。なお、比較として、ペーンの上に中間層及び硬質炭素被膜を形成していないもの、及び添加元素を含有していない硬質炭素被膜を形

成したものを作製し、同様に摩擦係数及び摩耗量を測定した。摩耗量については、添加元素を含有していない硬質炭素被膜に対する相対評価とした。表2に測定結果を示す。なお、摩耗量の測定は、アルミナボールを圧子として用い、摺動回数を2000往復とした。

【0091】

【表2】

添加元素		摩擦係数	摩耗量 (相対値)
種類	Si	0.1	—
	Ta	0.13	—
	F	0.12	—
	N	—	0.6
	Cr	—	0.8
	B	—	0.7
なし		0.18	1
硬質炭素被膜及び中間層なし		0.5	4

【0092】表2から明らかなように、添加元素を含有させることにより、摩擦係数及び摩耗量を向上させることができる。また、硬質炭素被膜中の添加元素の濃度は、表面に近い部分が、表面から離れた部分よりも高くなるようにしてもよい。このような添加元素濃度の傾斜を設けることにより、硬質炭素被膜の密着性をさらに向上させることができる。

【0093】図18は、本発明の第2の局面に従う他の実施例を示す概略断面図である。ローラ3の表面上には、中間層35が形成されている。中間層35の表面近傍には、混合層36が形成されている。中間層35の上には、硬質炭素被膜37が形成されている。中間層35の混合層36は、図14に示す実施例と同様にして形成することができる。中間層35に混合層36を形成することにより、硬質炭素被膜37の密着性をさらに高めることができる。

【0094】図19は、本発明の第2の局面に従うさらに他の実施例の概略断面図である。シリンダ溝5の表面上には中間層55が形成されている。中間層55の表面近傍には混合層56が形成されている。中間層55の上には、硬質炭素被膜57が形成されている。中間層55の混合層56は、図14に示す実施例と同様にして形成することができる。中間層55に混合層56を形成することにより、硬質炭素被膜57の密着性をさらに高めることができる。

【0095】上記実施例では、ペーン6の先端部のみならず、先端部以外の領域にも硬質炭素被膜及び中間層を形成しているが、ペーンの先端部のみ硬質炭素被膜及び中間層を形成してもよい。

【0096】上記実施例では、回転圧縮機の摺動部材を

例にして説明したが、本発明の摺動部材は、回転圧縮機に用いられる摺動部材に限定されるものではない。例えば、シリンダとピストンから構成される往復式圧縮機のシリンダ及びピストン、さらには、そのピストンに設けられたＯ－リング外表面に本発明を適用してもよい。

【0097】図20は、スクロール式圧縮機に用いられるスクロールを示す斜視図である。このようなスクロール70に対して、本発明を適用してもよい。なお、このようなスクロール70においては、ラップ部71及び鏡板の表面72が摺動表面となる。

【0098】また、本発明の摺動部材は、圧縮機に用いられる摺動部材に限定されるものではなく、摺動表面を有する摺動部材に広く適用することができるものである。例えば、電気カミソリの外刃及び内刃のような摺動部材に本発明を適用してもよい。さらには、ハードディスク装置に用いられる薄膜磁気ヘッドの摺動部、VTRのシリンダー、光磁気ディスクの外表面に対して本発明を適用してもよい。

【0099】

【発明の効果】本発明に従えば、高い硬度を有する硬質炭素被膜を密着性よく基材上に形成することができる。従って、耐摩耗性に優れ、かつ長期間安定して使用することができる摺動部材とすることができる。

【0100】従って、このような摺動部材を用いた圧縮機及び回転圧縮機においては、長時間駆動しても、スラッジ等の発生を抑制することができ、長期間安定して使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第3の局面に従う一実施例を示す概略断面図。

【図2】本発明の第3の局面に従う他の実施例を示す概略断面図。

【図3】本発明の第3の局面に従うさらに他の実施例を示す概略断面図。

【図4】本発明に従う実施例において用いられるECRプラズマCVD装置の一例を示す概略断面図。

【図5】本発明に従う実施例における成膜時間と自己バイアス電圧との関係を示す図。

【図6】自己バイアス電圧と、硬度、内部応力、及び水素濃度との関係を示す図。

【図7】本発明に従う実施例における成膜時間と自己バイアス電圧との関係を示す図。

【図8】回転圧縮機の一般的な構造を示す概略断面図。

【図9】本発明の第1の局面に従う一実施例を示す概略断面図。

【図10】図9に示す実施例におけるペーンの表面近傍

を示す拡大断面図。

【図11】本発明に従う実施例における成膜時間と自己バイアス電圧との関係を示す図。

【図12】本発明の第1の局面に従う他の実施例を示す概略断面図。

【図13】本発明の第1の局面に従うさらに他の実施例を示す概略断面図。

【図14】本発明の第2の局面に従う一実施例を示す概略断面図。

10 【図15】図14に示す実施例におけるペーンの表面近傍を示す拡大断面図。

【図16】本発明に従う実施例における混合層の厚み方向の組成変化を示す図。

【図17】本発明に従う実施例において用いられるECRプラズマCVD装置の他の例を示す概略断面図。

【図18】本発明の第2の局面に従う他の実施例を示す概略断面図。

【図19】本発明の第2の局面に従うさらに他の実施例を示す概略断面図。

20 【図20】スクロール式圧縮機に用いられるスクロールを示す斜視図。

【符号の説明】

3…ローラ

31…中間層

32…硬質炭素被膜

33…混合層

34…硬質炭素被膜

35…中間層

36…混合層

30 37…硬質炭素被膜

5…シリンダ溝

51…中間層

52…硬質炭素被膜

53…混合層

54…硬質炭素被膜

55…中間層

56…混合層

57…硬質炭素被膜

6…ペーン

40 61…中間層

62…硬質炭素被膜

63…混合層

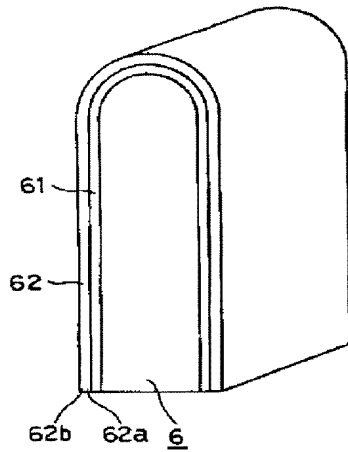
64…硬質炭素被膜

65…中間層

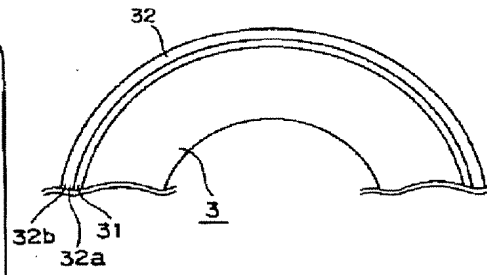
66…混合層

67…硬質炭素被膜

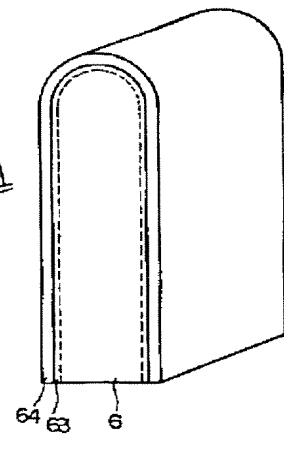
【図1】



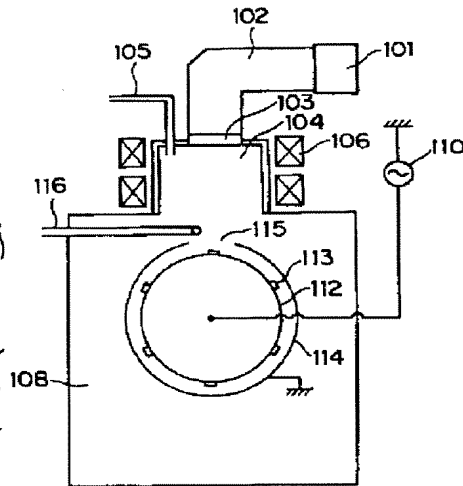
【図2】



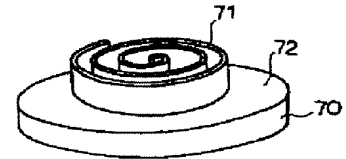
【図9】



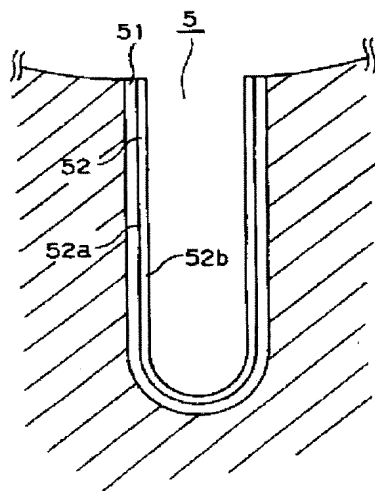
【図4】



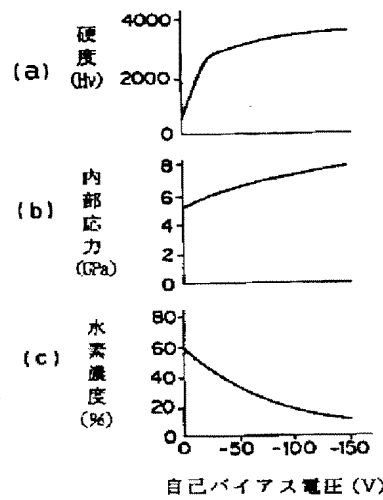
【図20】



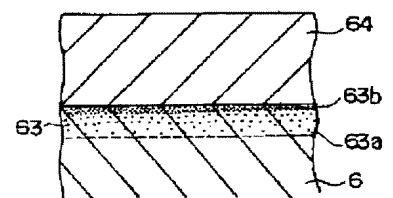
【図3】



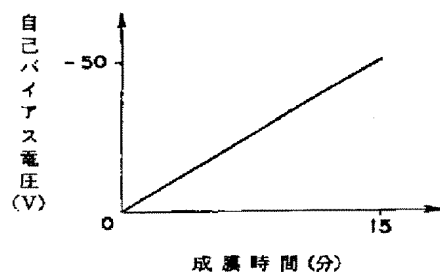
【図6】



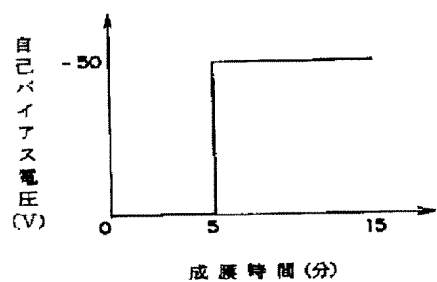
【図10】



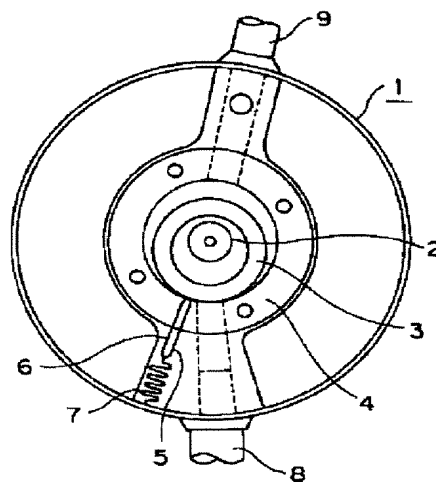
【図5】



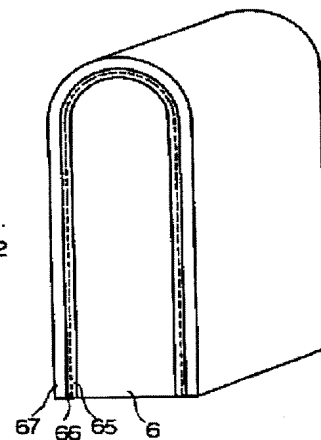
【図7】



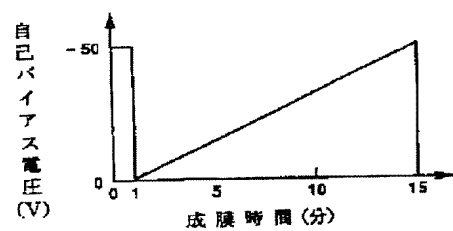
【図8】



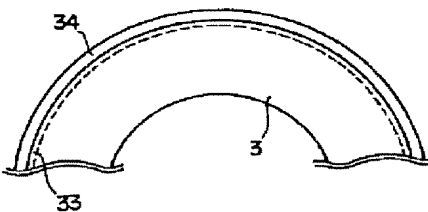
【図14】



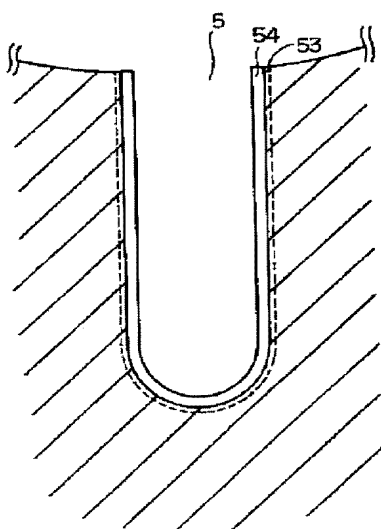
【図11】



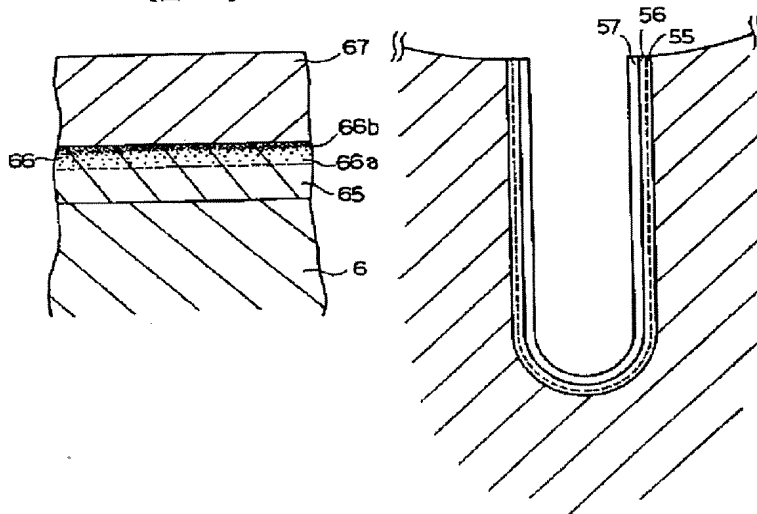
【図12】



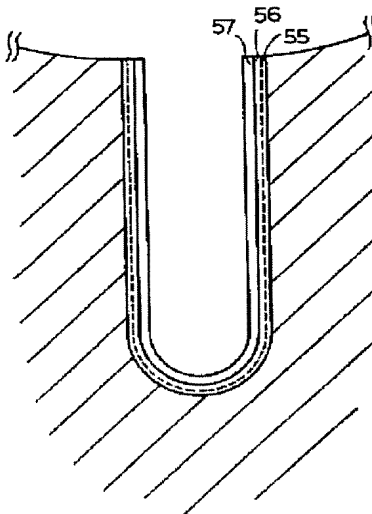
【図13】



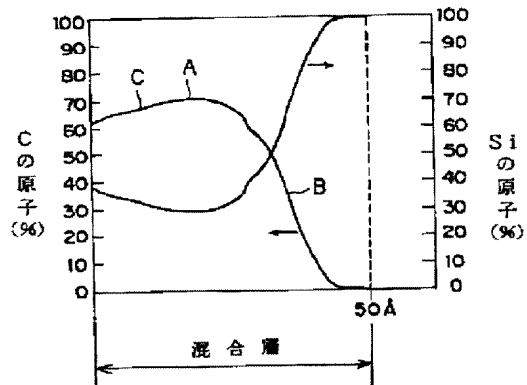
【図15】



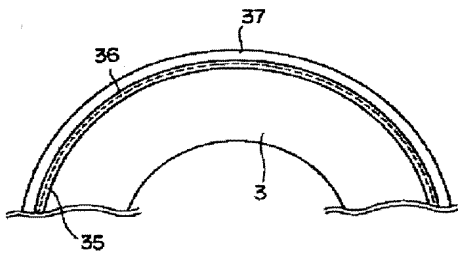
【図19】



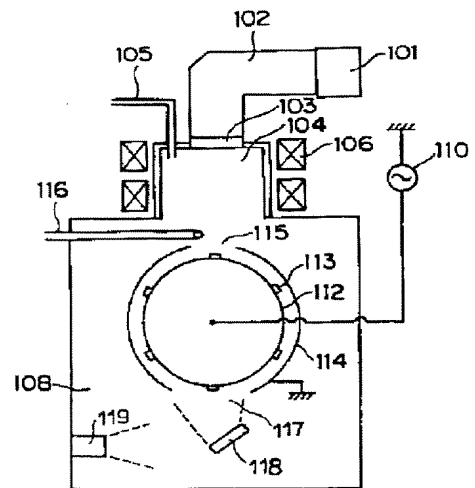
【図16】



【図18】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 東條 直人  
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三  
洋電機株式会社内

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-082390

(43)Date of publication of application : 31.03.1998

(51)Int.Cl.

F04C 18/356

C23C 16/26

C23C 16/50

F04C 29/00

(21)Application number : 09-174276

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 30.06.1997

(72)Inventor : HIRANO HITOSHI  
KURAMOTO KEIICHI  
DOMOTO YOICHI  
TOJO NAOTO

(30)Priority

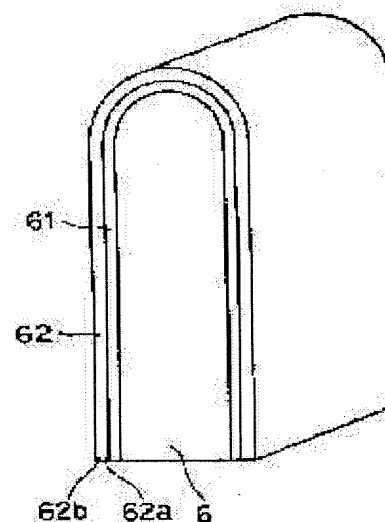
Priority number : 08189627 Priority date : 18.07.1996 Priority country : JP

## (54) SLIDING MEMBER, COMPRESSOR AND ROTARY COMPRESSOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a sliding member, a compressor and a rotary compressor which are excellent in abrasion resistance and can be used stably for a long time, by providing to a mixed layer with the grade of a carbon concentration in which the carbon concentration of a part near to the surface of the mixed layer is higher than a part separated from the surface.

**SOLUTION:** An intermediate layer 61 consisting of Si is formed on a vane 6 comprising high speed tool steel by which a space in a cylindrical cylinder is partitioned into a high pressure part and a low pressure part, and a hard carbon film 62 is formed on this intermediate layer 61. This hard carbon film 62 is formed to have a grade functional structure so that a carbon concentration is continuously lowered from an interface vicinity 62a toward the surface of a film layer 62b. Thusly, the carbon concentration is increased higher on the side of the interface vicinity 62a, therefore internal stress and film hardness on a side brought into contact with the intermediate layer 61 are small, and as a result, a hard carbon film 62 hardly cause separation, is excellent in abrasion resistance and can be used stably for a long time.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] It is the slide member which is equipped with the mixolimnion of the slide member body which has a sliding front face, the hard-carbon coat prepared on said sliding front face, the configuration element of said slide member body near [ which is formed in the field within said slide member body near / said / the sliding front face / said ] the sliding front face, and carbon, and has the inclination of carbon concentration where the carbon concentration of a part with said mixolimnion near the front face of said mixolimnion turns into concentration higher than the part which is distant from a front face.

[Claim 2] The slide member according to claim 1 in which said mixolimnion is formed of installation of the carbon to the field near [ said ] the sliding front face of said slide member body.

[Claim 3] It is the slide member which is equipped with the mixolimnion of the slide member body which has a sliding front face, the interlayer prepared on said sliding front face, the hard-carbon coat prepared on said interlayer, said interlayer's configuration element formed in the field in said interlayer near said interlayer's front face, and carbon, and has the inclination of carbon concentration where the carbon concentration of a part with said mixolimnion near the front face of said mixolimnion turns into concentration higher than the part which is distant from a front face.

[Claim 4] The slide member according to claim 3 in which said mixolimnion is formed of installation of the carbon to the field near said interlayer's front face.

[Claim 5] The slide member according to claim 3 or 4 in which said interlayer is formed from Si, Ti, Zr, germanium, Ru, Mo, W or these oxides, these nitrides, or these carbide.

[Claim 6] A slide member given in any 1 term of claims 1-5 whose thickness of said mixolimnion is 5A or more.

[Claim 7] A slide member given in any 1 term of claims 1-6 whose carbon concentration of a high concentration part with the highest carbon concentration is more than 20 atom % in said mixolimnion.

[Claim 8] The slide member according to claim 7 to which said high concentration part exists in the field from the front face of said mixolimnion to less than 50% of the thickness of a mixolimnion.

[Claim 9] A slide member given in any 1 term of claims 1-8 which have an inclination of hydrogen concentration where the hydrogen concentration of the part into which said hard carbon coat contained hydrogen and separated from the front face of said hard carbon coat becomes higher than the part near a front face.

[Claim 10] A slide member given in any 1 term of claims 1-9 containing at least one sort of alloying elements chosen from the group which said hard carbon coat becomes from Si, N, Ta, Cr, F, and B.

[Claim 11] Said hard carbon coat is a slide member according to claim 10 which has an inclination of alloying element concentration where the alloying element concentration of the part near the front face of said hard carbon coat becomes higher than the part which is distant from a front face.

[Claim 12] Said hard carbon coat is a slide member given in any 1 term of claims 1-11 which consist of a diamond thin film, mixed film of diamond structure and amorphous carbon structure, or an amorphous carbon thin film.

[Claim 13] The compressor which equips any 1 term of claims 1-12 with the slide member of a publication.

[Claim 14] The roller which was attached in the eccentric section of the rotating crankshaft and which has a peripheral face, The cylinder which has inside the sliding surface which contains said roller and slides in contact with the peripheral face of said roller, It is contained by Mizouchi formed in the inside of said cylinder, and has the vane on which a point slides in contact with the peripheral face of said roller, said vane is a slide member given in any 1 term of claims 1-12, and it is the rotary compressor of said vane a point or whose lateral portion is said sliding front face at least.

[Claim 15] The roller which was attached in the eccentric section of the rotating crankshaft and which has a peripheral face, The cylinder which has inside the sliding surface which contains said roller and slides in contact with the peripheral face of said roller, The rotary compressor said whose roller it is contained by Mizouchi formed in the inside of said cylinder, and has the vane on which a point slides in contact with the peripheral face of said roller, and is a slide member given in any 1 term of claims 1-12 and whose peripheral face of said roller is said sliding front face.

[Claim 16] The roller which was attached in the eccentric section of the rotating crankshaft and which has a peripheral face, The cylinder which has inside the sliding surface which contains said roller and slides in contact with the peripheral face of said roller, The rotary compressor said whose cylinder it is contained by Mizouchi formed in the inside of said cylinder, and has the vane on which a point slides in contact with the peripheral face of said roller, and is a slide member given in any 1 term of claims 1-12 and whose inside of the slot of said cylinder is said sliding front face.



[Claim 17] The roller which was attached in the eccentric section of the rotating crankshaft and which has a peripheral face, and said roller are contained, and it is contained by Mizouchi formed in the inside of the cylinder which has inside the sliding surface which slides in contact with the peripheral face of said roller, and said cylinder, has the vane on which a point slides in contact with the peripheral face of said roller, and is the rotary compressor of said vane with which the hard carbon coat is formed in the point or the lateral portion at least.

[Claim 18] The rotary compressor with which the roller which was attached in the eccentric section of the rotating crankshaft, and which has a peripheral face, and said roller are contained, and it is contained by Mizouchi formed in the inside of the cylinder which has inside the sliding surface which slides in contact with the peripheral face of said roller, and said cylinder, and has the vane on which a point slides in contact with the peripheral face of said roller, and the hard carbon coat is formed in the peripheral face of said roller.

[Claim 19] The rotary compressor with which the roller which was attached in the eccentric section of the rotating crankshaft, and which has a peripheral face, and said roller are contained, and it is contained by Mizouchi formed in the inside of the cylinder which has inside the sliding surface which slides in contact with the peripheral face of said roller, and said cylinder, and has the vane on which a point slides in contact with the peripheral face of said roller, and the hard carbon coat is formed in the inside of the slot of said cylinder.

[Claim 20] A slide member given in any 1 term of claims 17-19 which have an inclination of hydrogen concentration where the hydrogen concentration of the part into which said hard carbon coat contained hydrogen and separated from the front face of said hard carbon coat becomes higher than the part near a front face.

[Claim 21] A rotary compressor given in any 1 term of claims 17-20 by which the interlayer is formed between said hard carbon coat, and said vane, the peripheral face of said roller or the inside of the slot of said cylinder.

[Claim 22] The rotary compressor according to claim 21 with which said interlayer is formed from Si, Ti, Zr, germanium, Ru, Mo, W or these oxides, these nitrides, or these carbide.

[Claim 23] A rotary compressor given in any 1 term of claims 17-22 containing at least one sort of alloying elements chosen from the group which said hard carbon coat becomes from Si, N, Ta, Cr, F, and B.

[Claim 24] Said hard carbon coat is a rotary compressor according to claim 23 which has an inclination of alloying element concentration where the alloying element concentration of the part near the front face of said hard carbon coat becomes higher than the part which is distant from a front face.

[Claim 25] Said hard carbon coat is a rotary compressor given in any 1 term of claims 17-24 which consist of a diamond thin film, mixed film of diamond structure and amorphous carbon structure, or an amorphous carbon thin film.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a rotary compressor at the compressor list which uses a slide member and this slide member.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, as for the rotary compressor used for a frozen refrigeration facility, an air conditioner, etc., a service condition is becoming severe with high-performance-izing and a raise in capacity.

[0003] In the rotary compressor, the pressure welding of a vane point and the sliding section of the roller periphery which is partner material is always carried out, and, for this reason, the sludge generated them inside [ in which the vane and the roller were contained ] the barrel cylinder. For this reason, the sludge was specifically stuck for the capillary tube, and there were a frozen circuit and a problem that refrigerating capacity declined.

[0004] Furthermore, when the worst, supply of the refrigerant through a capillary tube might become impossible, and fatal damage might be done to the rotary compressor. Therefore, as slide members, such as a compressor and a rotary compressor, there is little generating of a sludge, and before is excelled in abrasion resistance, and a slide member which can use, being stabilized for a long period of time is desired.

[0005] The purpose of this invention is excellent in abrasion resistance, and is to offer the compressor and rotary compressor which used this slide member for the slide member which can be used stabilizing for a long period of time, and the list.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The slide member body with which the slide member according to the 1st aspect of affairs of this invention has a sliding front face, Are

formed in the field within the hard carbon coat prepared on a sliding front face, and the slide member body near the sliding front face. It is a slide member equipped with the mixolimnion of the configuration element of the slide member body near the sliding front face, and carbon, and the mixolimnion is characterized by having the inclination of the carbon concentration used as concentration higher than the part into which the carbon concentration of a near part separated from the front face on the surface of the mixolimnion.

[0007] In the desirable operation gestalt according to the 1st aspect of affairs, a mixolimnion is formed of installation of the carbon to the field near the sliding front face of a slide member body. Since the hard carbon coat is prepared on the sliding front face, the slide member according to the 1st aspect of affairs shows the outstanding abrasion resistance. Moreover, since the mixolimnion is formed near the sliding front face of a slide member body, the adhesion over the slide member body of a hard carbon coat is good, and it can be used, being stabilized for a long period of time, without exfoliating.

[0008] The slide member body with which the slide member according to the 2nd aspect of affairs of this invention has a sliding front face, The interlayer prepared on a sliding front face, and the hard carbon coat prepared on an interlayer, It is a slide member equipped with the mixolimnion of the interlayer's configuration element and carbon which are formed in the field in the interlayer near an interlayer's front face, and the mixolimnion is characterized by having the inclination of the carbon concentration used as concentration higher than the part into which the carbon concentration of a near part separated from the front face on the surface of the mixolimnion.

[0009] In the desirable operation gestalt according to the 2nd aspect of affairs, a mixolimnion is formed of installation of the carbon to the field near an interlayer's front face. As an interlayer, it is formed from Si, Ti, Zr, germanium, Ru, Mo, W or these oxides, these nitrides, or these carbide, for example.

[0010] Since the hard carbon coat is prepared through the interlayer on the sliding front face, the slide member according to the 2nd aspect of affairs shows the outstanding abrasion resistance. Since the adhesion over the slide member body of a hard carbon coat is improved since the interlayer is formed between the hard carbon coat and the slide member body, and the mixolimnion is further formed near an interlayer's front face, the adhesion of a hard carbon coat is raised further.

[0011] Hereafter, a matter common to the 1st aspect of affairs and 2nd aspect of affairs of this invention is explained as "this invention." In this invention, although a

mixolimnion is formed near an interlayer's front face near the sliding front face of a slide member body, it is desirable still more desirable that it is 5A or more, and 5A – 1 micrometer of the thickness is 10A – 200A still more preferably. If the thickness of a mixolimnion is too thin, the effectiveness of the improvement in adhesion may not fully be acquired. Moreover, even if the thickness of a mixolimnion exceeds 1 micrometer, the effectiveness of the improvement in adhesion proportional to thickness is not acquired.

[0012] In this invention, a mixolimnion has an inclination of carbon concentration where the near carbon concentration of a part becomes higher than the carbon concentration of the part which is distant from a front face on the surface of a mixolimnion. Therefore, the high concentration part with the highest carbon concentration exists in a mixolimnion, and, as for such a high concentration part, it is desirable to exist in the field from the front face of a mixolimnion or the front face of a mixolimnion to less than 50% of the thickness of a mixolimnion. Moreover, it is desirable still more desirable that it is more than 20 atom %, and the carbon concentration of the high concentration part in such a mixolimnion is more than 40 atom %.

[0013] As mentioned above, as for a mixolimnion, it is desirable to be formed by introducing carbon into the field near the front face of a slide member body or the field near an interlayer's front face. Installation of such carbon is realizable by giving kinetic energy to the active species of carbon, such as for example, carbon ion, and making it collide with the front face of a slide member body, or an interlayer's front face. It is in the condition which impressed the negative auto-bias electrical potential difference to the substrate, and, specifically, can realize by the approach of making carbon ion etc. colliding with a front face.

[0014] The hard carbon coat in this invention can consist of a diamond thin film, mixed film of diamond structure and amorphous carbon structure, or an amorphous carbon thin film. The mixed film and an amorphous carbon thin film are the so-called diamond-like carbon coats. Generally the diamond-like carbon coat contains hydrogen. In a diamond-like carbon coat, if there are few hydrogen contents, a degree of hardness will become high and abrasion resistance will improve. Moreover, if a hydrogen content increases, internal stress will become low and adhesion with a substrate will improve. Therefore, in this invention, it is desirable to have an inclination of hydrogen concentration where the hydrogen concentration of the part which is distant from the front face of a hard carbon coat becomes higher than the part near a front face. By having the inclination of such hydrogen concentration, it excels in

abrasion resistance and the good hard carbon coat of adhesion with a substrate can be formed.

[0015] In this invention, the hard carbon coat may contain at least one sort of alloying elements chosen from the group who consists of Si, N, Ta, Cr, F, and B. By content of such an alloying element, coefficient of friction of a hard carbon coat falls, and abrasion resistance improves. As a content of such an alloying element, 3 – 60 atom % is ten to 50 atom % desirable still more preferably. Moreover, as for such an alloying element, it is desirable to have a concentration inclination where the concentration of the part near the front face of a carbon coat becomes higher than the part which is distant from a front face. By having such a concentration inclination, coefficient of friction of the part near a carbon coat front face can become low, and abrasion resistance can be raised more effectively.

[0016] The compressor of this invention is characterized by having the slide member of above-mentioned this invention. For example, in the case of the compressor of a both-way formula which consists of a cylinder and a piston, this invention is applicable to the cylinder which used inner skin as the sliding front face, and the piston which used the peripheral face as the sliding front face. If the 1st aspect of affairs is followed, a hard carbon coat will be prepared on the inner skin of a cylinder, and a mixolimnion will be formed near the front face of the inner skin of a cylinder. Moreover, a hard carbon coat is formed on the peripheral face of a piston, and a mixolimnion is formed near the peripheral face of a piston. If the 2nd aspect of affairs is followed, an interlayer is prepared on the inner skin of a cylinder, a mixolimnion will be formed near this interlayer's front face, and a hard carbon coat will be prepared on an interlayer. In the case of a piston, an interlayer is prepared on the peripheral face of a piston, a mixolimnion is formed near this interlayer's front face, and a hard carbon coat is prepared on an interlayer.

[0017] The rotary compressor of this invention is a rotary compressor equipped with the slide member of above-mentioned this invention. The roller which was attached in the eccentric section of the rotating crankshaft in the concrete operation gestalt of the rotary compressor of this invention and which has a peripheral face, and the roller were contained, and it was contained by Mizouchi formed in the inside of the cylinder which has inside the sliding surface which slides in contact with the peripheral face of a roller, and a cylinder, and has the vane on which a point slides in contact with the peripheral face of a roller.

[0018] In 1 operation gestalt of the rotary compressor of this invention, a vane is the slide member of this invention, and even if there are few vanes, a point or a lateral

portion is a sliding front face. Therefore, in the 1st aspect of affairs, even if there are few vanes, a hard carbon coat is prepared on a point or a lateral portion, and even if there are few vanes, a mixolimnion is formed near the front face of a point or a lateral portion. In the 2nd aspect of affairs, even if there are few vanes, an interlayer is prepared on a point or a lateral portion, a hard carbon coat is prepared on this interlayer, and a mixolimnion is formed near an interlayer's front face.

[0019] In other operation gestalten of the rotary compressor of this invention, a roller is the slide member of this invention and the peripheral face of a roller is a sliding front face. Therefore, in the 1st aspect of affairs, a hard carbon coat is prepared on the peripheral face of a roller, and a mixolimnion is formed near the peripheral face of a roller. In the 2nd aspect of affairs, an interlayer is prepared on the peripheral face of a roller, a hard carbon coat is prepared on this interlayer, and a mixolimnion is formed near an interlayer's front face.

[0020] In the operation gestalt of further others of the rotary compressor of this invention, a cylinder is the slide member of this invention and the inside of the slot on the cylinder is a sliding front face. Therefore, in the 1st aspect of affairs, a hard carbon coat is prepared on the inside of the slot on the cylinder, and a mixolimnion is formed near the inside of the slot on the cylinder. In the 2nd aspect of affairs, an interlayer is prepared on the inside of the slot on the cylinder, a hard carbon coat is prepared on this interlayer, and a mixolimnion is formed near an interlayer's front face.

[0021] The rotary compressor according to the 3rd aspect of affairs of this invention is equipped with a roller, a cylinder, and a vane, and even if there are few vanes, a hard carbon coat is formed on a point or a lateral portion, the peripheral face of a roller, or the inside of the slot on the cylinder.

[0022] In the 3rd aspect of affairs, an interlayer may be formed between a hard carbon coat, a vane, the peripheral face of a roller, or the inside of the slot on the cylinder. The interlayer used in the 2nd aspect of affairs of the above as such an interlayer can be used.

[0023] As for a hard carbon coat, also in the 3rd aspect of affairs, it is desirable to have an inclination of hydrogen concentration where the hydrogen concentration of the part which could contain hydrogen and is distant from the front face of a hard carbon coat becomes higher than the part near a front face.

[0024] As for a hard carbon coat, also in the 3rd aspect of affairs, it is desirable to have an inclination of alloying element concentration where at least one sort of alloying elements chosen from the group who consists of Si, N, Ta, Cr, F, and B may be contained, and the alloying element concentration of a part near the front face of a

hard carbon coat becomes higher than the part which is distant from a front face.

[0025] In this invention, although especially the quality of the material of a slide member body is not limited, an iron system alloy, cast iron (MONIKURO cast iron), steel (rapid tool steel), an aluminium alloy, carbon (aluminum sinking-in carbon), the ceramics (the oxide of Ti, aluminum, Zr, Si, W, and Mo, a nitride, carbide), nickel alloy, stainless steel, etc. are mentioned, for example.

[0026]

[Embodiment of the Invention] Drawing 8 is the outline sectional view showing the general structure of a rotary compressor. In drawing 8, the crankshaft to which 1 drives with a well-closed container and the motor with which 2 does not illustrate, and 3 are the rollers attached in the eccentric section of a crankshaft 2, and this roller 3 consists of MONIKURO cast iron.

[0027] 4 is the barrel cylinder which contained the roller 3, and this cylinder 4 consists of cast iron. The cylinder slot prepared in order that the vane 6 which 5 mentions later might reciprocate, and 6 are the vanes for dividing the space in a barrel cylinder 4 into the high-pressure section and depression, and this vane 6 consists of high speed tool steel (SKH51).

[0028] 7 is a spring for energizing a vane 6 to a roller 3 side. It is the discharge tube which carries out the regurgitation of the suction pipe with which 8 supplies a refrigerant into a barrel cylinder 4, and the refrigerant with which 9 was compressed in the barrel-cylinder 4 interior, and a pressure and temperature rose to the compressor exterior.

[0029] Explanation of the rotary compressor constituted as mentioned above of operation is given to below. The roller 3 which the crankshaft 2 drove and was attached in the eccentric section of a crankshaft 2 by the motor rotates the inside of a barrel cylinder 4 in accordance with a periphery. Since the vane 6 has received energization of high pressure gas and a spring 7, while a vane 6 the peripheral face of a roller 3, and always contacts with rotation of this roller 3, it reciprocates the inside of the cylinder slot 5.

[0030] After the refrigerant absorbed through the suction pipe 8 by repeating this movement continuously into the barrel cylinder 4 is compressed in the barrel-cylinder 4 interior and a pressure and temperature rise, it is breathed out by the rotary compressor exterior through a discharge tube 9.

[0031] Drawing 1 is an outline sectional view of the vane 6 in which the hard carbon coat was formed used for the rotary compressor of this invention. in addition, the hard carbon coat in the gestalt of operation of this invention — a diamond thin film and the

mixed thin film of diamond structure and amorphous carbon structure — being certain — it is — it is an amorphous carbon thin film.

[0032] moreover, an interlayer — Si, Ti, Zr, germanium, Ru, Mo, and W — being certain — it is — they are these oxides, these nitrides, or these carbide. With the gestalt of operation shown in drawing 1 , the interlayer 61 who consists of Si is formed on a vane 6, and the hard carbon coat 62 is formed on this interlayer 61. The hard carbon coat 62 is considered as the coat presentation with good adhesion on the vane 6.

[0033] Furthermore, preferably, towards 62–near interface a to the coat layer 62b front face, the hard carbon coat 62 is continuously constituted so that hydrogen concentration may become low and it may have an inclination functional structure.

[0034] Thus, since hydrogen concentration is made high at the 62–near interface a side, the near internal stress and the near film degree of hardness which touch an interlayer 61 are small, consequently exfoliation has stopped being able to produce the hard carbon coat 62 easily.

[0035] Moreover, the hard carbon coat 62 which has an inclination functional structure in the thickness direction in this invention is not limited to that from which hydrogen concentration is changing in the thickness direction continuously, but hydrogen concentration changes stair-like and an inclination functional structure may be prepared so that hydrogen concentration may have a low layer and a layer with high hydrogen concentration relatively.

[0036] Drawing 2 is an outline sectional view of the roller 3 in which the hard carbon coat was formed used for the rotary compressor of this invention. Drawing 2 is the sectional view showing the gestalt of the 1 operation of a hard carbon coat according to this invention.

[0037] With the gestalt of operation shown in drawing 2 , the interlayer 31 who consists of Si is formed on a roller 3, and the hard carbon coat 32 is formed on this interlayer 31. The hard carbon coat 32 is considered as the coat presentation with good adhesion on the roller 3.

[0038] Furthermore, preferably, towards 32–near interface a to the coat layer 32b front face, the hard carbon coat 32 is continuously constituted so that hydrogen concentration may become low and it may have an inclination functional structure.

[0039] Thus, since hydrogen concentration is made high at the 32–near interface a side, the near internal stress and the near film degree of hardness which touch an interlayer 31 are small, consequently exfoliation has stopped being able to produce the hard carbon coat 32 easily.

[0040] Moreover, the hard carbon coat 32 which has an inclination functional



structure in the thickness direction in this invention is not limited to that from which hydrogen concentration is changing in the thickness direction continuously, but hydrogen concentration changes stair-like and an inclination functional structure may be prepared so that hydrogen concentration may have a low layer and a layer with high hydrogen concentration relatively.

[0041] Drawing 3 is the expanded sectional view of the cylinder slot 5 in which the hard carbon coat used for the rotary compressor of this invention was formed.

Drawing 3 is the sectional view showing the gestalt of the 1 operation of a hard carbon coat according to this invention.

[0042] With the gestalt of operation shown in drawing 3, the interlayer 51 who consists of Si is formed on the cylinder slot 5, and the hard carbon coat 52 is formed on this interlayer 51. The hard carbon coat 52 is considered as the coat presentation with good adhesion on the cylinder slot 5.

[0043] Furthermore, preferably, towards 52-near interface a to the coat layer 52b front face, the hard carbon coat 52 is continuously constituted so that hydrogen concentration may become low and it may have an inclination functional structure.

[0044] Thus, since hydrogen concentration is made high at the 52-near interface a side, the near internal stress and the near film degree of hardness which touch an interlayer 51 are small, consequently exfoliation has stopped being able to produce the hard carbon coat 52 easily.

[0045] Moreover, the hard carbon coat 52 which has an inclination functional structure in the thickness direction in this invention is not limited to that from which hydrogen concentration is changing in the thickness direction continuously, but hydrogen concentration changes stair-like and an inclination functional structure may be prepared so that hydrogen concentration may have a low layer and a layer with high hydrogen concentration relatively.

[0046] Drawing 4 is the outline sectional view showing an example of the ECR plasma CVD system which can form a hard carbon coat in this invention. With reference to drawing 4, the plasma generating room 104 and the reaction chamber in which a substrate 113 is installed are established in the interior of the vacuum chamber 108. The end of a waveguide 102 is attached in the plasma generating room 104, and the microwave supply means 101 is formed in the other end of a waveguide 102.

[0047] The microwave generated with the microwave supply means 101 passes along a waveguide 102 and the microwave installation aperture 103, and is led to the plasma generating room 104. The discharge gas installation tubing 105 for making discharge gas, such as argon (Ar) gas, introduce in the plasma generating room 104 is formed in

the plasma generating room 104. Moreover, the plasma field generator 106 is formed in the perimeter of the plasma generating room 104.

[0048] The drum-like electrode holder 112 is installed in the reaction chamber in the vacuum chamber 108 so that rotation of the surroundings of a revolving shaft perpendicular to the space of drawing 4 may be attained, and the motor which carries out an illustration abbreviation is connected with this electrode holder 112.

[0049] The peripheral face of an electrode holder 112 is equipped with the base materials 113, such as a vane of plurality (this example 24 pieces), at equal spacing. RF generator 110 is connected to the electrode holder 112.

[0050] The metal shielding covering 114 tubed to the perimeter of an electrode holder 112 is about 5mm distance partition \*\*\*\* eclipse \*\*\*\*\* from an electrode holder 112. This shielding covering 114 is connected to the earth electrode. When forming a coat, this shielding covering 114 is formed in order to prevent that discharge between electrode holders 112 other than a coat formation part and the vacuum chamber 108 occurs with the high frequency (RF) electrical potential difference impressed to an electrode holder 112.

[0051] Opening 115 is formed in the shielding covering 114. It passes along this opening 115 and the plasma pulled out from the plasma generating room 104 is emitted to the base material 113 with which the electrode holder 112 was equipped. The reactant gas installation tubing 116 is formed in the vacuum chamber 108. The tip of this reactant gas installation tubing 116 is located above opening 115.

[0052] In addition, when forming the hard carbon coat 32 in the peripheral face of a roller 3, without using a rotating drum, RF generator 110 is connected to a roller 3, and shielding covering 114 is made into structure which is established by separating about 5mm from this roller 3, and this shielding covering 114 is connected to the earth electrode.

[0053] The gestalt of the operation which forms a hard carbon coat as shown in drawing 1 on a vane 6 is concretely explained below using above coat formation equipment. First, the inside of the vacuum chamber 108 is exhausted to  $10^{-5}$  –  $10^{-7}$ Torr, and the vane electrode holder 112 is rotated at the rate of about 10 rpm.

[0054] Next, while supplying Ar gas by  $5.7 \times 10^{-4}$ Torr from the discharge gas installation tubing 105, the microwave of 2.45GHz and 100W is supplied from the microwave supply means 101, and Ar plasma formed in the plasma generating room 104 is emitted to the front face of a vane 6.

[0055] It can come, simultaneously is CH<sub>4</sub> from the reactant gas tubing 116.

13.56MHz RF power is impressed to the vane electrode holder 112 from RF generator

110, supplying gas by  $1.3 \times 10^{-3}$  Torr. The auto-bias electrical potential difference which generates impression of RF power to this vane electrode holder 112 in a substrate as shown in drawing 5 placed in early stages of membrane formation, and it is 0V, and RF power was adjusted and impressed so that it might be set to -50V after [ at the time of membrane formation termination ] 15 minutes.

[0056] According to the above process, the hard carbon coat of 5000Å of thickness was formed on the vane 6. Drawing 6 is drawing showing the relation between the auto-bias electrical potential difference generated in a vane electrode holder, and the degree of hardness of the hard carbon coat formed at the time of this auto-bias electrical potential difference, internal stress and hydrogen concentration.

[0057] Such measured value is numeric values acquired by putting on the equipment shown in drawing 4 , forming a hard carbon coat on the conditions which fixed the auto-bias electrical potential difference generated in a vane electrode holder, and measuring each property of the obtained hard carbon coat.

[0058] When an auto-bias electrical potential difference is 0V so that clearly from drawing 6 , the degree of hardness of a hard carbon coat is 800Hv extent, internal stress is 5GPa extent, and hydrogen concentration is 60%.

[0059] Furthermore, when an auto-bias electrical potential difference is -50V, a degree of hardness is 3000Hv extent, internal stress is 6.5GPa extent, and hydrogen concentration is 35%. Therefore, it is thought with advance of coat formation that change of each property that an auto-bias electrical potential difference is shown in drawing 6 in the hard carbon coat of the gestalt of the above-mentioned implementation changed from 0 to -50V has arisen in the thickness direction.

[0060] Therefore, in 62-near interface a of an interlayer 61 and the hard carbon coat 62, although a degree of hardness is small, it turns out that internal stress also serves as a small presentation and it has become the presentation excellent in the adhesion over a vane 6.

[0061] Moreover, in 62-near coat front face b, it turns out that the degree of hardness etc. is high and it has become the presentation with the degree of hardness for which it asks as a hard carbon coat. Here, the hard carbon coat 62 was formed in the vane 6 used for the rotary compressor of this invention. The formation conditions of a coat performed conditions other than an auto-bias electrical potential difference like the gestalt of above-mentioned operation.

[0062] An auto-bias electrical potential difference sets for [ of the after / 5 minutes / of membrane formation initiation ] 5 minutes to 0V, as shown in drawing 7 , and it was made to be set to -50V between [ 10 minute ] after [ of after that ] 15 minutes.

Consequently, on a vane 6, 5000A of thickness and the hard carbon coat of degree-of-hardness 3000Hv are formed.

[0063] Moreover, as a comparison, during coat formation of the auto-bias electrical potential difference generated in a vane electrode holder, it fixed with 0V and the hard carbon coat was formed on the same conditions as the gestalt of above-mentioned operation except it. Consequently, on the vane 6, 5000A of thickness and the hard carbon coat of degree-of-hardness 800Hv were formed.

[0064] The evaluation trial of adhesion was performed about the hard carbon coat. The indentation test of the fixed load (load = 1kg) which used the Vickers indenter performed evaluation of adhesion. The measurement size was made into 50 pieces, and the number which exfoliation generated on the hard carbon coat 62 on a vane 6 was counted and evaluated. The hard carbon coat formed while changing the auto-bias from 0V to -50V, as it was shown in drawing 5 , after the evaluated hard carbon coat formed the middle class 61 (100A of thickness) who consists of Si on a vane 6, The hard carbon coat formed while impressing -50V after [ of membrane formation initiation ] 1 minute and impressing uniformly by -50V till thin film formation termination on the direct vane 6, without forming the middle class 61 who consists of Si, It is the hard carbon coat which formed the middle class 61 of Si, impressed auto-bias electrical-potential-difference-50V after [ of membrane formation initiation ] 1 minute, impressed uniformly by -50V till termination, and was formed. An evaluation result is shown in Table 1.

[0065]

[Table 1]

[0066] In not forming the middle class 61 who consists of Si on a vane 6 so that clearly from Table 1 Even if it sets an auto-bias electrical potential difference to -50V, there is much decrepitation student number of the hard carbon coat 62 as 45 pieces. The middle class 61 who consists of Si on the other hand was formed on the vane 6, and when the hard carbon coat 62 was formed on the middle class 61 by -50V, the exfoliation generating number of the hard carbon coat 62 decreased the auto-bias to five pieces.

[0067] Furthermore, when the middle class 61 who consists of Si was formed on the vane 6, and the hard carbon coat 62 was formed on the middle class 61, changing an auto-bias to 0—50V, the exfoliation generating number of the hard carbon coat 62 became zero piece.

[0068] The hard carbon coat according to this invention has a fully high film degree of hardness, it excels in adhesion, and above shows that the sludge in each sliding section of a vane 6, a roller 3, and the cylinder slot 5 is controlled as compared with the former by this.

[0069] In addition, in the gestalt of the above-mentioned implementation, although the hard carbon coat was formed using the ECR plasma CVD system, the hard carbon coat of this invention is not limited to such a formation approach.

[0070] Generating of a sludge can be controlled, even if according to this invention it can obtain the vane and roller with which the hard carbon coat equipped with a degree of hardness, chemical stability, etc. was formed, and a cylinder slot, and it is the prolonged drive of a rotary compressor further since it can consider as the hard carbon coat excellent in a vane, a roller, and the adhesion over a cylinder slot so that clearly from the above explanation. Consequently, while preventing that supply of a refrigerant becomes impossible through a capillary tube, the effectiveness of preventing doing fatal damage to a rotary compressor is done so.

[0071] Drawing 9 is the outline sectional view showing one example according to the 1st aspect of affairs of this invention. The mixolimnion 63 is formed near the front face of the vane 6 which is a slide member body. The hard carbon coat 64 is formed on the mixolimnion 63.

[0072] Drawing 10 is an expanded sectional view in which it is shown near the front face of the vane 6 shown in drawing 9. The mixolimnion 63 is formed in the field in the vane 6 near the front face of a vane 6 as shown in drawing 10. The mixolimnion 63 is formed from Fe and carbon which are a configuration element of a vane 6. The carbon concentration of partial 63b near the front face of a mixolimnion 63 is higher than the carbon concentration of partial 63a which is distant from a front face, and the mixolimnion 63 has the inclination of such carbon concentration. Such a mixolimnion 63 can be formed by introducing carbon into the field near the front face of a vane 6. Installation of such carbon can be formed in the coat formation by the above-mentioned ECR plasma CVD by making a vane 6 generate a negative auto-bias electrical potential difference in early stages of coat formation.

[0073] On the mixolimnion 63, the hard carbon coats 64, such as a diamond-like carbon coat, are formed. It is desirable still more desirable that it is 5A or more, and

the thickness of a mixolimnion 63 is 10–200A.

[0074] The auto-bias electrical potential difference generated in a vane was set to –50V for 1 minute after coat formation initiation, as shown in drawing 11 , using the equipment shown in drawing 4 , it was once referred to as 0V after that, the absolute value was gradually enlarged so that it might become –50V before coat formation termination, and the hard carbon coat was formed. Thus, the mixolimnion was made to form near the front face of a vane by being referred to as –50V for [ of an immediately after / coat formation initiation ] 1 minute. Consequently, on the vane, 5000A of thickness and the hard carbon coat of degree-of-hardness 3000Hv were formed.

[0075] About the obtained hard carbon coat, it scratched and adhesion was evaluated by the trial. The number which was scratched and exfoliation generated among 50 measurement sizes the condition for 100mm/in rate 500g of maximum loads was counted and evaluated using the diamond stylus. The exfoliation number was zero piece.

[0076] As a comparison, as shown in drawing 5 , in the early stages of coat formation initiation, it was 0V, and the auto-bias electrical potential difference generated in a vane impressed RF power, and formed the hard carbon coat so that it might be set to –50V after [ at the time of coat formation termination ] 15 minutes. The exfoliation number was ten pieces, although the thickness of the hard carbon coat of the obtained comparison was 5000A and degrees of hardness were 3000Hv(s).

[0077] The adhesion over the base material of a hard carbon coat can be raised by forming the mixolimnion of effective thickness near the front face of the vane which is a base material so that clearly from the above result.

[0078] Drawing 12 is the outline sectional view showing other examples according to the 1st aspect of affairs of this invention. The mixolimnion 33 is formed near the front face of a roller 3. The mixolimnion 33 has the inclination of the carbon concentration used as the concentration with the carbon concentration of the part near a front face higher than the part which is distant from a front face like the example shown in drawing 11 . Moreover, a mixolimnion 33 can be formed like the example shown in drawing 11 . The hard carbon coat 34 is formed on the mixolimnion 33.

[0079] By forming a mixolimnion 33 near the front face of a roller 3, the adhesion over the roller 3 of the hard carbon coat 34 can be raised. Drawing 13 is the outline sectional view showing other examples in the pan according to the 1st aspect of affairs of this invention. The mixolimnion 53 is formed near the front face of the cylinder slot 5. The mixolimnion 53 has the inclination of carbon concentration where the carbon concentration of the part near a front face turns into concentration higher

than the part which is distant from a front face like the example shown in drawing 11 . A mixolimnion 53 can be formed like the example shown in drawing 11 . The hard carbon coat 54 is formed on the mixolimnion 53.

[0080] By forming a mixolimnion 53 near the front face of the cylinder slot 5, the adhesion over the front face of the cylinder slot 5 of the hard carbon coat 54 can be raised. Drawing 14 is the outline sectional view showing one example according to the 2nd aspect of affairs of this invention. The interlayer 65 is formed on the vane 6 and the mixolimnion 66 is formed near an interlayer's 65 front face. The mixolimnion 66 consists of an interlayer's 65 configuration elements and carbon. The hard carbon coat 67 is formed on the interlayer 65.

[0081] Drawing 15 is an expanded sectional view in which it is shown near the front face of the vane of the example shown in drawing 14 . As shown in drawing 15 , the mixolimnion 66 has the inclination of carbon concentration where the carbon concentration of partial 66b near a front face becomes higher than the carbon concentration of partial 66a which is distant from a front face. Such a mixolimnion 66 can be formed by introducing carbon near an interlayer's 65 front face like the mixolimnion 63 shown in drawing 10 . Installation of such carbon can be performed in the early stages of coat formation for example, in an ECR plasma-CVD method by making a base material generate a negative auto-bias electrical potential difference, and making carbon ion collide on the surface of a base material.

[0082] The hard carbon coat 67 is formed on the mixolimnion 66. By existence of a mixolimnion 66, the hard carbon coat 67 shows good adhesion to an interlayer 65. In the 2nd aspect of affairs, when the thickness of a mixolimnion becomes thicker than an interlayer, a mixolimnion is formed not only an interlayer but near the front face of the base material which is the substrate.

[0083] Drawing 16 is drawing showing change of a presentation of the thickness direction in the mixolimnion formed in the interlayer. In this example, an interlayer is an interlayer who consists of Si. RF power was impressed to the substrate electrode holder so that the auto-bias electrical potential difference generated in a substrate might be set to -50V in early stages of membrane formation, and the hard carbon coat was formed on the interlayer of Si on the same conditions as the above-mentioned example except it.

[0084] As shown in drawing 16 , carbon concentration is about 0 from the front face in the location with a depth of 50A, and the thickness of a mixolimnion is about 50A. The high concentration part A with the highest carbon concentration exists in about 35% of location of the thickness of a mixolimnion from the front face of a mixolimnion in a

mixolimnion. The carbon concentration of the high concentration part A is about 70 atoms %. As shown in drawing 16 , the inclination B of the carbon concentration used as concentration with the carbon concentration of the part near a front face higher than the part which is distant from a front face exists in the mixolimnion. From the high concentration part A, in the field near a front face, the inclination C where carbon concentration decreases a little exists as a front face is approached. Thus, when the carbon concentration of a part near a front face turns into concentration higher than the part which is distant from a front face in a mixolimnion, the adhesion of the hard carbon coat formed on a mixolimnion is raised.

[0085] The thickness of a mixolimnion is controllable by changing the auto-bias electrical potential difference generated in a substrate. For example, in the case of the middle class of Si, thickness of a mixolimnion can be made into about 130A by setting to -1kV the auto-bias electrical potential difference generated in the substrate in the early stages of coat formation.

[0086] The interlayer of Si with a thickness of 100A was formed on the vane, and the hard carbon coat was formed on this. The auto-bias electrical potential difference was changed in the membrane formation process, as shown in drawing 11 . Consequently, 5000A of thickness and the hard carbon coat of degree-of-hardness 3000Hv were formed. The exfoliation number was zero piece, when it scratched and adhesion was evaluated by the trial about the obtained hard carbon coat.

[0087] Next, the hard carbon coat containing an alloying element was formed. The hard carbon coat containing an alloying element was formed using the equipment shown in drawing 17 . The 2nd opening 117 is formed in the location different from the opening 115 of the shielding covering 114 with reference to drawing 17 . The target 118 is formed in the location corresponding to this 2nd opening 117. The ion beam gun 119 is formed in the location which can irradiate an ion beam at this target 118. Other configurations are the same as that of the equipment shown in drawing 4 .

[0088] It formed with the equipment which shows the hard carbon coat containing these alloying elements to drawing 17 , using Si, Ta, Cr, and B as an ingredient of a target. The hard carbon coat containing an alloying element was formed by rotating the vane electrode holder 112 during hard carbon coat formation, making carbon deposit in the 1st opening 115, and making an alloying element deposit in the 2nd opening 117. In addition, as a base material, the vane in which the middle class (100A of thickness) of Si was formed was used.

[0089] Moreover, in making N or F contain, it does not use a target 118, but it is N<sub>2</sub> in the ambient atmosphere of thin film formation. Gas or CF<sub>4</sub> It formed by adding gas.



Specifically, it is CH<sub>4</sub>. It is N<sub>2</sub> to partial pressure  $1.3 \times 10^{-3}$  Torr of gas. Gas or CF<sub>4</sub> It carried out by supplying gas so that it may become the partial pressure of  $1.0 \times 10^{-3}$  Torr.

[0090] About the obtained hard carbon coat, coefficient of friction and abrasion loss were measured with the front-face nature measurement machine. Coefficient of friction was measured about Si, Ta, and F, and abrasion loss was measured about N, Cr, and B. In addition, the thing which does not form the interlayer and the hard carbon coat on a vane, and the thing in which the hard carbon coat which does not contain the alloying element was formed were produced as a comparison, and coefficient of friction and abrasion loss were measured similarly. About abrasion loss, it considered as the relative evaluation to the hard carbon coat which does not contain the alloying element. A measurement result is shown in Table 2. In addition, measurement of abrasion loss considered the count of sliding as 2000 round trips, using alumina balls as an indenter.

[0091]

[Table 2]

[0092] Coefficient of friction and abrasion loss can be raised by making an alloying element contain so that clearly from Table 2. Moreover, you may make it the concentration of the alloying element in a hard carbon coat become higher than the part into which the part near a front face separated from the front face. By preparing the inclination of such alloying element concentration, the adhesion of a hard carbon coat can be raised further.

[0093] Drawing 18 is the outline sectional view showing other examples according to the 2nd aspect of affairs of this invention. The interlayer 35 is formed on the front

face of a roller 3. The mixolimnion 36 is formed near an interlayer's 35 front face. The hard carbon coat 37 is formed on the interlayer 35. An interlayer's 35 mixolimnion 36 can be formed like the example shown in drawing 14 . By forming a mixolimnion 36 in an interlayer 35, the adhesion of the hard carbon coat 37 can be raised further.

[0094] Drawing 19 is the outline sectional view of the example of others [ pan / according to the 2nd aspect of affairs of this invention ]. The interlayer 55 is formed on the front face of the cylinder slot 5. The mixolimnion 56 is formed near an interlayer's 55 front face. The hard carbon coat 57 is formed on the interlayer 55. An interlayer's 55 mixolimnion 56 can be formed like the example shown in drawing 14 . By forming a mixolimnion 56 in an interlayer 55, the adhesion of the hard carbon coat 57 can be raised further.

[0095] In the above-mentioned example, although a hard carbon coat and the middle class are formed not only in the point of a vane 6 but in fields other than a point, a hard carbon coat and the middle class may be formed only in the point of a vane.

[0096] Although the slide member of a rotary compressor was made into the example and the above-mentioned example explained it, the slide member of this invention is not limited to the slide member used for a rotary compressor. For example, this invention may be applied to a cylinder, the cylinder of the reciprocating compressor which consists of pistons and a piston, and the O ring outside surface further prepared in the piston.

[0097] Drawing 20 is the perspective view showing scrolling used for a scrolling type compressor. This invention may be applied to such scrolling 70. In addition, in such scrolling 70, the lap section 71 and the front face 72 of an end plate turn into a sliding front face.

[0098] Moreover, the slide member of this invention is not limited to the slide member used for a compressor, and can be widely applied to the slide member which has a sliding front face. For example, this invention may be applied to a slide member like a cutting edge and an inner cutting edge outside an electric shaver. Furthermore, this invention may be applied to the sliding section of the thin film magnetic head used for a hard disk drive unit, the cylinder of VTR, and the outside surface of a magneto-optic disk.

[0099]

[Effect of the Invention] If this invention is followed, the hard carbon coat which has a high degree of hardness can be formed with sufficient adhesion on a base material. Therefore, it excels in abrasion resistance, and it can be stabilized for a long period of time, and can consider as the slide member which can be used.

[0100] Therefore, in the compressor and rotary compressor using such a slide member, even if it drives for a long time, generating of a sludge etc. can be controlled, and it can be used, being stabilized for a long period of time.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The outline sectional view showing one example according to the 3rd aspect of affairs of this invention.

[Drawing 2] The outline sectional view showing other examples according to the 3rd aspect of affairs of this invention.

[Drawing 3] The outline sectional view showing other examples in the pan according to the 3rd aspect of affairs of this invention.

[Drawing 4] The outline sectional view showing an example of the ECR plasma CVD system used in the example according to this invention.

[Drawing 5] Drawing showing the relation of the membrane formation time amount and the auto-bias electrical potential difference in the example according to this invention.

[Drawing 6] Drawing showing the relation between an auto-bias electrical potential difference, and a degree of hardness, internal stress and hydrogen concentration.

[Drawing 7] Drawing showing the relation of the membrane formation time amount and the auto-bias electrical potential difference in the example according to this invention.

[Drawing 8] The outline sectional view showing the general structure of a rotary compressor.

[Drawing 9] The outline sectional view showing one example according to the 1st aspect of affairs of this invention.

[Drawing 10] The expanded sectional view in which it is shown near the front face of the vane in the example shown in drawing 9 .

[Drawing 11] Drawing showing the relation of the membrane formation time amount and the auto-bias electrical potential difference in the example according to this invention.

[Drawing 12] The outline sectional view showing other examples according to the 1st aspect of affairs of this invention.

[Drawing 13] The outline sectional view showing other examples in the pan according to the 1st aspect of affairs of this invention.

[Drawing 14] The outline sectional view showing one example according to the 2nd aspect of affairs of this invention.

[Drawing 15] The expanded sectional view in which it is shown near the front face of the vane in the example shown in drawing 14 .

[Drawing 16] Drawing showing presentation change of the thickness direction of the mixolimnion in the example according to this invention.

[Drawing 17] The outline sectional view showing other examples of the ECR plasma CVD system used in the example according to this invention.

[Drawing 18] The outline sectional view showing other examples according to the 2nd aspect of affairs of this invention.

[Drawing 19] The outline sectional view showing other examples in the pan according to the 2nd aspect of affairs of this invention.

[Drawing 20] The perspective view showing scrolling used for a scrolling type compressor.

## [Description of Notations]

3 — Roller

31 — Interlayer

32 — Hard carbon coat

33 — Mixolimnion

34 — Hard carbon coat

35 — Interlayer

36 — Mixolimnion

37 — Hard carbon coat

5 — Cylinder slot

51 — Interlayer

52 — Hard carbon coat

53 — Mixolimnion


54 — Hard carbon coat

55 — Interlayer

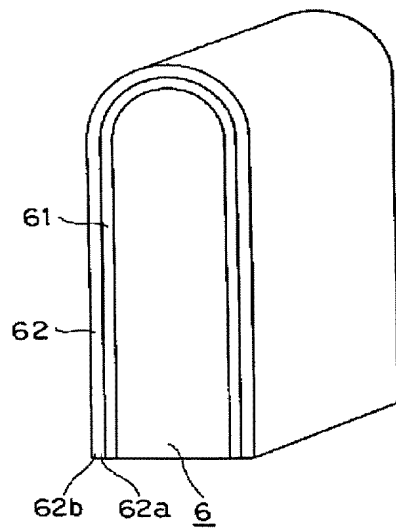
56 --- Mixolimnion  
57 --- Hard carbon coat  
6 --- Vane  
61 --- Interlayer  
62 --- Hard carbon coat  
63 --- Mixolimnion  
64 --- Hard carbon coat  
65 --- Interlayer  
66 --- Mixolimnion  
67 --- Hard carbon coat

---

[Translation done.]

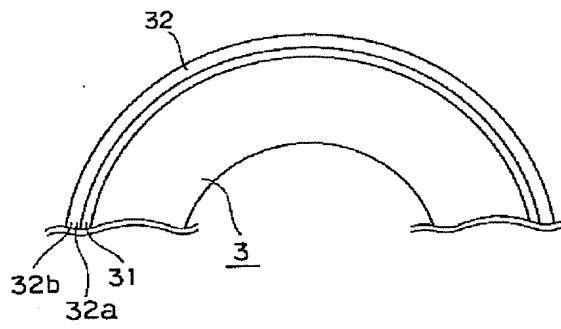
Drawing selection  

---



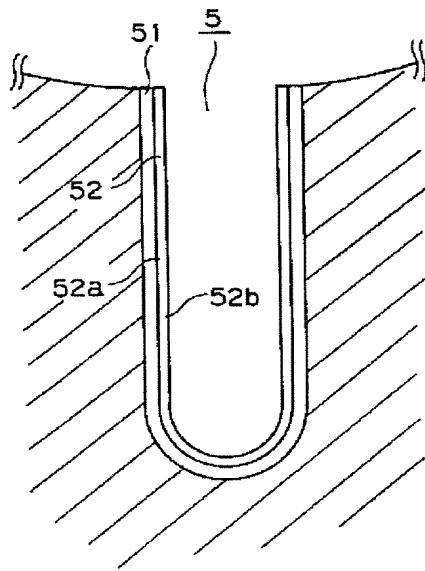
[Translation done.]

Drawing selection drawing 2



[Translation done.]

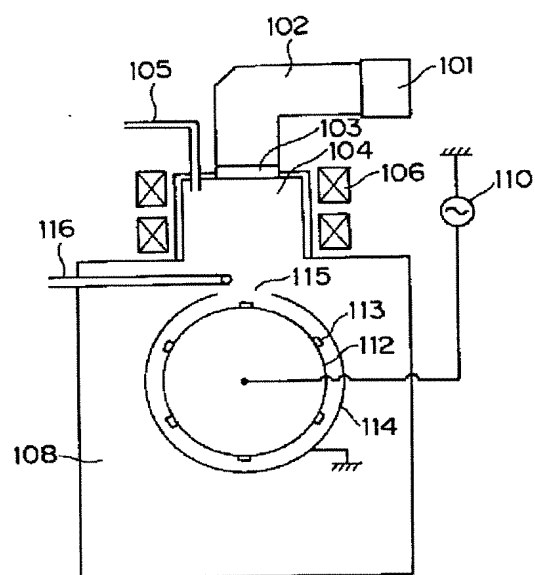
Drawing selection drawing 3



[Translation done.]

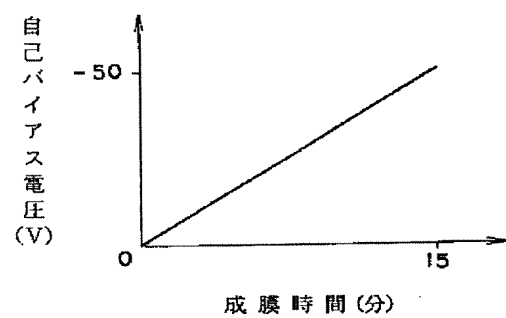


Drawing selection drawing 4



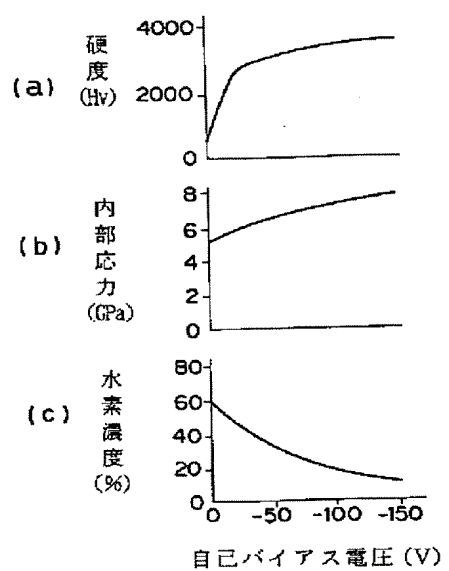
[Translation done.]

Drawing selection drawing 5

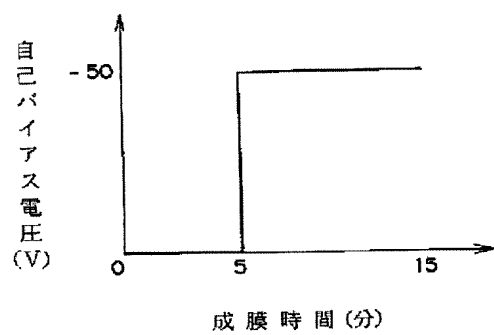


[Translation done.]

Drawing selection drawing 6

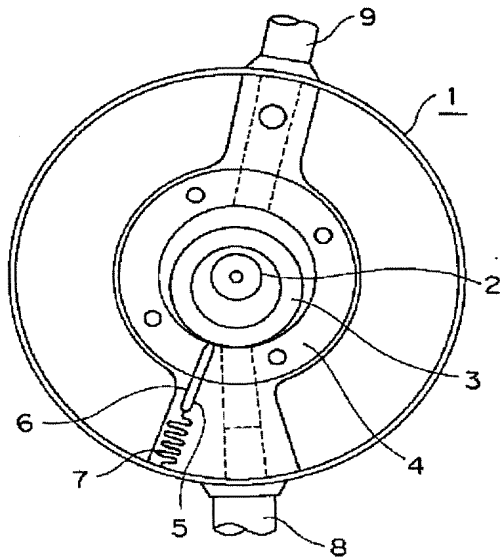


[Translation done.]

Drawing selection 

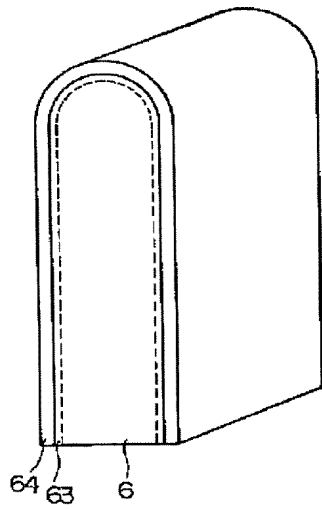
[Translation done.]

Drawing selection drawing 8



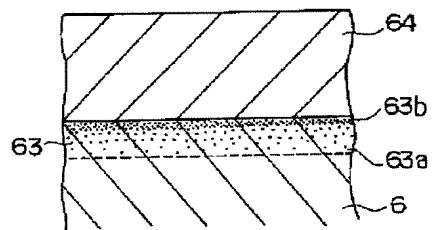
[Translation done.]

Drawing selection: drawing 9



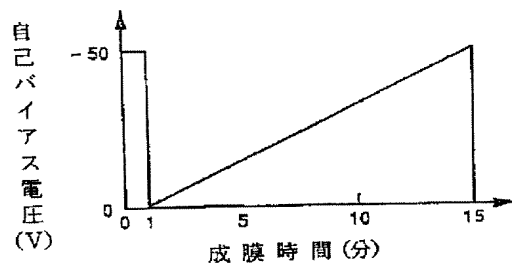
[Translation done.]

Drawing selection drawing 10



[Translation done.]

Drawing selection drawing 11

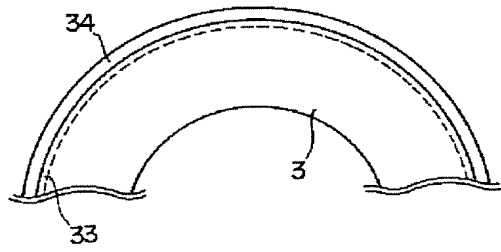


[Translation done.]



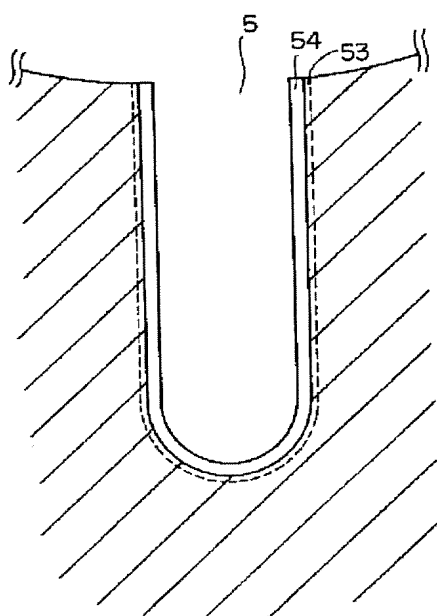
Drawing selection

---



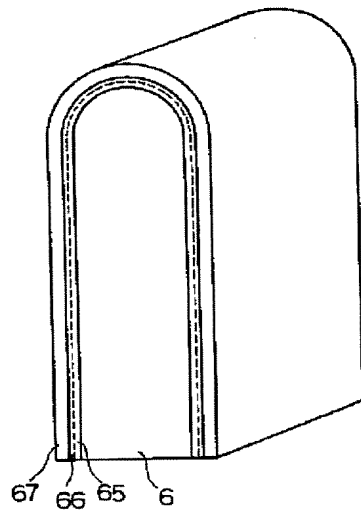
[Translation done.]

Drawing selection drawing 13



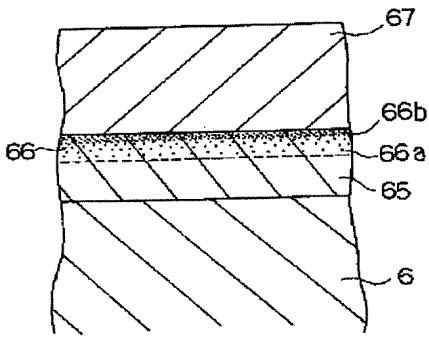
[Translation done.]

Drawing selection drawing 14



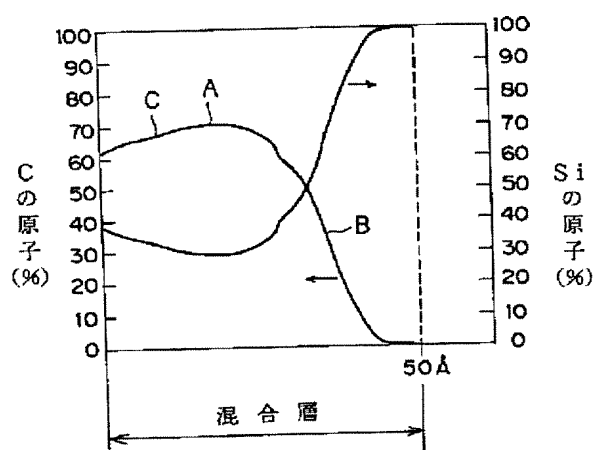
[Translation done.]

Drawing selection drawing 15



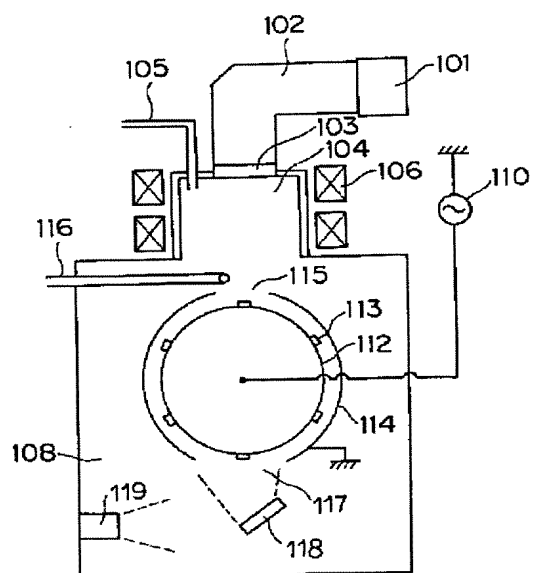
[Translation done.]

Drawing selection drawing 16



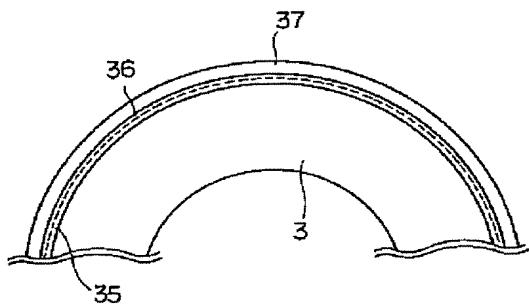
[Translation done.]

Drawing selection drawing 17



[Translation done.]

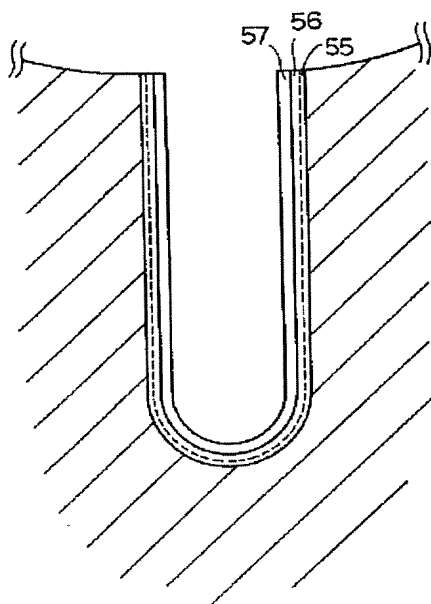
Drawing selection drawing 18



[Translation done.]

Drawing selection

---

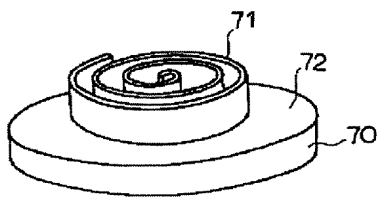


---

[Translation done.]



Drawing selection drawing 20



[Translation done.]